



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

---

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE  
UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA  
CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO  
FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO–CUSCO-2023”**

---

Línea de Investigación: Pavimentos

Presentado por:

César Augusto Román Baca (N°  
Orcid: 0009-0001-8798-2603)

Anghelo Demetrio García Surco (N°  
Orcid: 0009-0009-4741-1599)

Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Asesor: Mgt. Ing. Kildare Jussety  
Ascue Escalante (N°Orcid: 0000-  
0003-1309-4280)

CUSCO – PERÚ  
2023



## Metadatos

<b>Datos del autor</b>	
Nombres y apellidos	César Augusto Román Baca Anghelo Demetrio García Surco
Número de documento de identidad	72199266 71854663
URL de Orcid	<a href="https://orcid.org/0009-0001-8798-2603">https://orcid.org/0009-0001-8798-2603</a> <a href="https://orcid.org/0009-0009-4741-1599">https://orcid.org/0009-0009-4741-1599</a>
<b>Datos del asesor</b>	
Nombres y apellidos	Kildare Jussety Ascue Escalante
Número de documento de identidad	45246758
URL de Orcid	<a href="https://orcid.org/0000-0003-1309-4280">https://orcid.org/0000-0003-1309-4280</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado (jurado 1)</b>	
Nombres y apellidos	Carmen Cecilia Gil Rodriguez
Número de documento de identidad	23877911
<b>Jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Heber Darwin Gutierrez Vallejo
Número de documento de identidad	23921471
<b>Jurado 3</b>	
Nombres y apellidos	José Carlos Solis Tito
Número de documento de identidad	43491953
<b>Jurado 4</b>	
Nombres y apellidos	Tito Gabriel Chacón Mendoza
Número de documento de identidad	46185744
<b>Datos de la investigación</b>	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Pavimentos





## Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: CESAR AUGUSTO ROMAN BACA  
Assignment title: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE ...  
Submission title: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE ...  
File name: TESIS\_GARCIA\_-\_ROMAN\_Lev\_Observaciones.pdf  
File size: 42.18M  
Page count: 362  
Word count: 44,340  
Character count: 254,928  
Submission date: 23-Feb-2024 08:02PM (UTC-0500)  
Submission ID: 2302884897

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE  
UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA  
CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO  
FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"

Línea de Investigación: Pavimentos

Presentado por:  
César Augusto Román Baca (Nº  
Orcid: 0009-0001-8798-2603)  
Anghelo Demetrio García Surco (Nº  
Orcid: 0009-0009-4741-1599)

Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil  
Asesor: Mgt. Ing. Kildare Jussety  
Ascue Escalante (Nº Orcid: 0000-  
0003-1309-4280)

CUSCO - PERÚ  
2023

Mg. Ing. KILDARE JUSSETY ASCUE ESCALANTE  
Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC



# "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"

**Submission date:** 23-Feb-2024 08:02PM (UTC-0500)

**Submission ID:** 2302884697

**File name:** TESIS\_GARCIA\_-\_ROMAN\_Lev\_Observaciones.pdf (42.18M)

**Word count:** 44340

**Character count:** 254928

by CESAR AUGUSTO ROMAN BACA

Mg. Ing. KILDARE JUSSEY ASCUE ESCALANTE  
Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC



# UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO- 2023"

## ORIGINALITY REPORT

21%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

14%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	3%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet Source	2%
3	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Internet Source	2%
4	Submitted to Universidad Católica de Santa María Student Paper	2%
5	Submitted to Universidad Ricardo Palma Student Paper	2%
6	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper	1%
7	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	1%



## Dedicatoria

A Dios: por haberme dado la oportunidad de haber terminado esta etapa tan importante en mi vida, por acompañarme en todo momento y permitirme superar mis desafíos, ya que con él lo puedo todo y sin él no soy nada.

A mis padres: Ana Karina Surco Corimanya y Wilbert García Miranda las dos personas que más amo, por darme la vida y ser mi razón de existencia, por haberme esculpido con los valores más esenciales que solo ellos pudieron darme, y demostrarme que lo esencial nos ayuda a ser alguien excepcional.

A mis hermanos: Emma Juliette, Karina Luciana, Wilbert Fabrizzio y Jhon Boris, que siempre me acompañan en todas mis aventuras y no dejan de creer en mí.

En memoria de quienes se nos adelantaron: Mamá Elvira, Papá Francisco, Papá Demetrio, Hermana Juliana, porque sé que siempre me acompañan y cuidan, y siempre querré verlos sonreír.

A todos mis familiares y amigos, que nos apoyaron y alentaron a continuar hasta concluir esta etapa tan importante en mi vida.

**ANGHELO DEMETRIO GARCÍA SURCO**

A Dios por guiarme y permitirme culminar este logro.

A mi Abuelita Celina Jordan Ortiz de Orue: por haber sido parte importante en mi formación, una guía y ahora una luz que siempre cuida de mí. Porque sé que la llenara de orgullo y felicidad verme alcanzar mis metas.

A mi Abuelito Ángel Baca Ugarte: quien fue un pilar en mi vida. Sé que desde el cielo me guía y da fortaleza para lograr mis sueños.

A mi tío José Luis Baca Bejar: que fue una persona importante en mi camino. Sé que está feliz viéndome alcanzar esta meta.

A mi Abuelita Elba Ofir Bejar Helguero: Por darme siempre un amor inmenso y muchas enseñanzas para ser siempre una persona correcta.

A mis padres, Elba Baca Bejar y Víctor Manuel Román Jordán, y a mi hermana Celina Andrea Román Baca: por ser siempre mis compañeros y guías en este camino y nunca dejar de creer en mí.

**CÉSAR AUGUSTO ROMÁN BACA**



## **Agradecimientos**

A Dios: por guiarme en todo momento a lo largo de los diferentes desafíos presentes en mi vida y darme la fortaleza para poder afrontarlos, por bendecirme con mi hermosa familia que siempre me acompaña.

A mis padres: Ana Karina Surco Corimanya y Wilbert García Miranda, por acompañarme en todo momento dotándome de su amor, conocimiento y fe, valores que fueron indispensables a lo largo de mi vida y me convirtieron en la persona que soy.

A Inversiones Asphalt Cusco E.I.R.L: por darnos la confianza y oportunidad de poder desarrollar el presente trabajo investigación bajo su supervisión y buen consejo.

A BlackPink: por recordarme en todo momento que no importa que piensen los demás, ya que ellos nunca sabrán la verdad a menos que se pongan en tus zapatos, y que no importa que eventos sucedan a lo largo de tu vida lo que importa es que sigas siendo tú.

### **ANGHELO DEMETRIO GARCÍA SURCO**

A mis padres Elba Baca Bejar y Víctor Manuel Román Jordán: por el esfuerzo que hicieron por mí y darme la oportunidad de alcanzar esta meta en mi camino. Por su amor infinito, enseñanzas, valores y consejos que me llevaron a ser una mejor persona y profesional.

A mi hermana Celina Román: por estar siempre para mí, por compartir nuestros días llenos de felicidad y mucho amor, por ser mi ejemplo a seguir y salir siempre adelante.

A mi enamorada, Briana Prada: por darme siempre su amor, su alegría, su apoyo incondicional y motivarme siempre a seguir adelante.

A mi familia, tíos y primos, que siempre me motivaron y se preocuparon por verme alcanzar este logro.

A Inversiones Asphalt Cusco E.I.R.L: por brindarnos sus equipos y guía para poder completar la presente tesis.

### **CÉSAR AUGUSTO ROMÁN BACA**

Agradecemos a el Mgt. Ing. Kildare Jussety Ascue Escalante, quien fue nuestro asesor, por habernos impartido su conocimiento y guía para poder completar con el presente trabajo de investigación.

### **LOS TESISISTAS**



## ÍNDICE

<b>Dedicatoria</b> .....	II
<b>Agradecimientos</b> .....	III
<b>Resumen</b> .....	XXI
<b>Abstract</b> .....	XXII
1. Capítulo I: Introducción .....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Formulación de Problema .....	4
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problemas Específicos .....	4
1.3. Justificación.....	5
1.3.1. Conveniencia.....	5
1.3.2. Relevancia Social .....	5
1.3.3. Implicancia Práctica .....	5
1.3.4. Valor Teórico .....	6
1.3.5. Utilidad Metodológica .....	6
1.4. Objetivos de la investigación .....	7
1.4.1. Objetivo General .....	7
1.4.2. Objetivo Específico .....	7
1.5. Delimitación del Estudio.....	7
1.5.1. Delimitación Espacial .....	7
1.5.2. Delimitación Temporal .....	8
2. Capítulo II: Marco Teórico .....	9
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	11
2.2. Bases Teóricas.....	13
2.2.1. Pavimentos .....	13
2.2.2. Clasificación de los Pavimentos .....	14
2.2.3. El Asfalto: .....	15



2.2.4. Mezcla Asfáltica.....	16
2.2.5. Método RICE (MTC E-508) .....	27
2.2.6. Normativa de calidad de materiales para Mezclas Asfálticas en Caliente.....	28
2.2.7. Escorias de Hierro .....	35
2.2.8. Ensayos de Materiales.....	37
2.3. Marco Conceptual (Definición de Términos Básicos).....	46
2.4. Hipótesis.....	47
2.4.1. Hipótesis General .....	47
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	47
2.5. Variable e Indicadores.....	48
2.5.1. Identificación de variables .....	48
2.5.2. Operacionalización de variable .....	49
3. Capítulo III: Método .....	50
3.1. Alcance del Estudio.....	50
3.2. Diseño de investigación .....	50
3.3. Población.....	52
3.3.1. Descripción de la población .....	52
3.3.2. Cuantificación de la población.....	52
3.4. Muestra.....	52
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
3.5.1. Instrumentos de Recolección de Datos. ....	57
3.5.2. Instrumentos de Ingeniería.....	78
3.5.3. Procedimiento de Recolección de Datos.....	79
3.6. Validez y confiabilidad de instrumentos.....	155
3.7. Plan de Análisis de datos.....	156
3.7.1. Cálculos Desarrollados para los Agregados Pétreos.....	157
3.7.2. Cálculos Desarrollados para la MAC PEN 85/100 patrón.....	171
3.7.3. Cálculos Desarrollados para la MAC Modificada con Escoria Hierro. ....	179
4. Capítulo IV: Resultados de la Investigación.....	209
4.1. Resultados a lo largo del desarrollo de la investigación .....	209
4.2. Resultados respecto a los objetivos específicos .....	250
4.3. Resultados respecto al objetivo general .....	263



5.	Capítulo IV: Discusión.....	266
5.1.	Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos.....	266
5.2.	Limitaciones del estudio .....	268
5.3.	Comparación crítica con la literatura existente .....	270
5.4.	Implicancias del estudio .....	273
	CONCLUSIONES .....	274
	RECOMENDACIONES .....	277
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	279
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	281
	VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO .....	334





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Requerimientos para los agregados gruesos para MAC.....	29
Tabla N° 02: Requerimientos para los agregados gruesos para MAC.....	29
Tabla N° 03: Requerimientos para Caras Fracturadas.....	30
Tabla N° 04: Requerimientos para los agregados finos para MAC.....	30
Tabla N° 05: Requerimientos para los agregados finos para MAC.....	31
Tabla N° 06: Requerimientos del Equivalente de Arena.....	31
Tabla N° 07: Angularidad de Agregado Fino.....	31
Tabla N° 08: Selección del tipo de cemento asfáltico.....	32
Tabla N° 09: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.....	32
Tabla N° 10: Selección de Grado de asfalto según Temperatura.....	33
Tabla N° 11: Gradación de los agregados para MAC.....	33
Tabla N° 12: Gradación de los agregados para MAC cerradas.....	33
Tabla N° 13: Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso.....	34
Tabla N° 14: Requisitos de Adherencia.....	34
Tabla N° 15: Vacíos mínimos en el agregado Mineral (VMA).....	34
Tabla N° 16: Tabla de número de esferas a utilizar en Ensayo de Abrasión.....	41
Tabla N° 17: Tabla de variables.....	48
Tabla N° 18: Tabla matriz de Operacionalización de variables.....	49
Tabla N° 19: Número de especímenes.....	55
Tabla N° 20: Formato de Recolección de Datos de Agregado Grueso.....	57
Tabla N° 21: Formato de Recolección de Datos de Arena Triturada.....	58
Tabla N° 22: Formato de Recolección de Datos de Arena Natural.....	59
Tabla N° 23: Formato Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	60
Tabla N° 24: Formato Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	61
Tabla N° 25: Formato Abrasión del Agregado Grueso.....	62



Tabla N°26: Formato Índice Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso .....	63
Tabla N°27: Formato Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso .....	64
Tabla N°28: Formato Durabilidad al Sulfato de Magnesio Del Agregado Grueso .....	65
Tabla N°30: Formato Equivalente de Arena del Agregado Fino.....	67
Tabla N°31: Formato Equivalente de Arena del Agregado Fino.....	68
Tabla N°32: Formato Combinación de Agregados.....	69
Tabla N°33: Formato Diseño de Mezcla Asfáltica Patrón.....	70
Tabla N°34: Formato Diseño de Mezcla Modificada con Escoria de Hierro .....	71
Tabla N°35: Formato Gravedad Específica Bulk de la Mezcla.....	72
Tabla N°36: Formato Gravedad Específica Bulk de la Combinación de Agregados .....	73
Tabla N°37: Formato Factor de Corrección de Estabilidad.....	73
Tabla N°38: Formato Cálculo Parámetros Volumétricos .....	74
Tabla N°39: Formato Ensayo Marshall para Mezcla Asfáltica Patrón.....	75
Tabla N°40: Formato Gravedad Específica Bulk de la Mezcla Asfáltica Modificada .....	76
Tabla N°41: Formato Ensayo Marshall para Mezcla Asfáltica Modificada.....	77
Tabla N°42: Instrumentos de Ingeniería a Emplear.....	78
Tabla N°44: Toma de datos granulometría agregado grueso .....	82
Tabla N°45: Toma de datos granulometría arena triturada.....	85
Tabla N°46: Toma de datos granulometría arena natural. ....	86
Tabla N°47: Toma de datos Peso específico agregado fino .....	88
Tabla N°48: Toma de datos Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	91
Tabla N°49: Tabla de Gradación de Muestras de Ensayo .....	92
Tabla N°50: Tabla de Cantidad de Esferas para Ensayo de Abrasión.....	92
Tabla N°51: Datos de Ensayo de Abrasión de los Ángeles al Desgaste de los Agregados.....	94
Tabla N°52: Tabla de Cantidad de Muestra.....	95
Tabla N°53: Datos de Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso .....	96
Tabla N°54: Tabla de Cantidad de Muestra de Agregado MTC E-210.....	97



Tabla N°55: Datos del ensayo Porcentaje de partículas fracturadas.....	99
Tabla N°56: Tabla de Muestra de Agregado Fino MTC E-209 .....	100
Tabla N°57: Tabla de Muestra de Agregado Grueso MTC E-209 .....	101
Tabla N°58: Datos de Ensayo Durabilidad del agregado grueso al sulfato de magnesio.....	102
Tabla N°59: Datos de Ensayo Durabilidad de agregado fino - Arena Triturada. ....	102
Tabla N°60: Datos de Ensayo Durabilidad de agregado fino - Arena Natural.....	103
Tabla N°61: Datos de Ensayo de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino. ....	104
Tabla N°62: Datos del Ensayo Granulometría de Escoria de Hierro.....	109
Tabla N°63: Combinación de Agregados de acuerdo al diseño ASTM D3515 .....	110
Tabla N°64: Diseño Mezcla Asfáltica Patrón.....	111
Tabla N°65: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 17%.....	112
Tabla N°66: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 20%.....	113
Tabla N°67: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 23%.....	114
Tabla N°68: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 26%.....	115
Tabla N°69: Granulometría de Agregado Grueso. ....	157
Tabla N°70: Granulometría de Agregado Fino Arena Triturada. ....	158
Tabla N°71: Granulometría de Agregado Fino Arena Natural.....	159
Tabla N°72: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	160
Tabla N°73: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso. ....	161
Tabla N°74: Abrasión de Los Ángeles de los Agregados. ....	162
Tabla N°75: Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso. ....	163
Tabla N°76: Ensayo de Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso. ....	164
Tabla N°77: Ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Grueso.....	165
Tabla N°78: Ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio de Arena Triturada.....	166
Tabla N°79: Ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio de Arena Natural. ....	167
Tabla N°80: Ensayo Para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino. ...	168
Tabla N°81: Gravedad específica BULK y aparente de la combinación de agregados.....	169



Tabla N°82: Análisis Granulométrico de la Escoria de Hierro Reciclado.....	170
Tabla N°83: Resultados del Ensayo Densidad Teórica Máxima RICE. En MAC patrón. ....	171
Tabla N°84: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC patrón. ....	172
Tabla N°85: Resultados del cálculo de factor de estabilidad para la MAC patrón.....	173
Tabla N°86: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto. ...	174
Tabla N°87: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto. ...	175
Tabla N°88: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto. ...	176
Tabla N°89: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 7.0% de asfalto. ...	177
Tabla N°90: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC .....	178
Tabla N°91: Resultados del Ensayo RICE. En las MAC modificada con escoria de hierro. ....	179
Tabla N°92: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 17% de escoria de hierro reciclado. ....	180
Tabla N°93: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 20% de escoria de hierro reciclado. ....	181
Tabla N°94: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 23% de escoria de hierro reciclado. ....	182
Tabla N°95: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 26% de escoria de hierro reciclado. ....	183
Tabla N°96: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 17% de Escoria de Hierro Reciclado. ....	184
Tabla N°97: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 20% de Escoria de Hierro Reciclado. ....	185
Tabla N°98: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 23% de Escoria de Hierro Reciclado. ....	186
Tabla N°99: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 26% de Escoria de Hierro Reciclado. ....	187
Tabla N°100: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 17% de escoria de hierro reciclado.....	188



Tabla N° 101: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 20% de escoria de hierro reciclado.....	189
Tabla N° 102: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 23% de escoria de hierro reciclado.....	190
Tabla N° 103: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 26% de escoria de hierro reciclado.....	191
Tabla N° 104: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 17% de escoria de hierro. ....	192
Tabla N° 105: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 17% de escoria de hierro. ....	193
Tabla N° 106: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 17% de escoria de hierro. ....	194
Tabla N° 107: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 17% de escoria de hierro. ....	195
Tabla N° 108: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 20% de escoria de hierro. ....	196
Tabla N° 109: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 20% de escoria de hierro. ....	197
Tabla N° 110: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 20% de escoria de hierro. ....	198
Tabla N° 111: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 20% de escoria de hierro. ....	199
Tabla N° 112: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 23% de escoria de hierro. ....	200
Tabla N° 113: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 23% de escoria de hierro. ....	201
Tabla N° 114: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 23% de escoria de hierro. ....	202
Tabla N° 115: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 23% de escoria de hierro. ....	203



Tabla N°116: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 26% de escoria de hierro. ....	204
Tabla N°117: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 26% de escoria de hierro. ....	205
Tabla N°118: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 26% de escoria de hierro. ....	206
Tabla N°119: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 26% de escoria de hierro. ....	207
Tabla N°120: Resistencia a la Compresión Simple de las MAC Patrón y Modificada con Escoria de Hierro. ....	208
Tabla N°121: Resultados de Combinación de Agregados según diseño D3515. ....	209
Tabla N°122: Curva Granulométrica de la Combinación de Agregados. ....	209
Tabla N°123: Resultados de Ensayo de Peso específico de Agregado Grueso. ....	210
Tabla N°124: Resultados de Ensayo de Peso específico de Agregado Fino. ....	211
Tabla N°125: Resultados de Ensayo de Abrasión al desgaste de los Agregados. ....	212
Tabla N°126: Resultados del Ensayo para Determinar el Índice de Aplanamiento y Alargamiento del agregado grueso. ....	213
Tabla N°127: Resultados del Ensayo para Determinar el Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso. ....	214
Tabla N°128: Resultados de Ensayo para Determinar la Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Grueso. ....	215
Tabla N°129: Resultados de Ensayo para Determinar la Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Fino - Arena Triturada. ....	216
Tabla N°130: Resultados de Ensayo para Determinar la Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Fino - Arena Natural. ....	217
Tabla N°131: Resultados de Ensayo para Determinar valor de Equivalente de Arena del Agregado Pétreo Fino. ....	218
Tabla N°132: Resultados del Ensayo de Análisis Granulométrico de Escoria de Hierro de los Talleres de Soldadura y Mecánica del Cusco. ....	219



Tabla N°133: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.....	220
Tabla N°134: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para MAC Patrón. ....	225
Tabla N°135: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.....	225
Tabla N°136: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC modificada con 17% de Escoria de Hierro.....	230
Tabla N°137: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.....	231
Tabla N°138: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC Modificada con 20% de Escoria de Hierro.....	236
Tabla N°139: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.....	236
Tabla N°140: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC Modificada con 23% de Escoria de Hierro.....	241
Tabla N°141: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.....	242
Tabla N°142: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC Modificada con 26% de Escoria de Hierro.....	247
Tabla N°143: Resultado de Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple.....	248
Tabla N°144: Análisis de precios unitarios para la MAC patrón. ....	249
Tabla N°145: Análisis de precios unitarios para la MAC modificada con 26% de escoria de hierro. 250	
Tabla N°146: Resultados de Compresión para Porcentajes óptimos de asfalto. ....	262
Tabla N°147: Resultados de parámetros físico-mecánicos de MAC con contenidos de asfalto óptimos.....	264



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Presencia de Baches en la Carpeta Asfáltica en Urbanización Cerveceros, Wanchaq, Cusco. ....	2
Figura N°02: Presencia de Baches en la Carpeta Asfáltica en la Prolongación Av. de la Cultura, San Jerónimo, Cusco.....	2
Figura N°03: Presencia Agrietamiento en la Carpeta Asfáltica en la Prolongación Av. de la Cultura, San Jerónimo, Cusco.....	3
Figura N°04: Estructura del pavimento rígido.....	14
Figura N°05: Estructura del pavimento flexible.....	15
Figura N°06: Escoria de hierro .....	35
Figura N°07: Propiedad magnética de la escoria de hierro. ....	36
Figura N°08: Diagrama de flujo de proceso de ejecución de Proyecto de Tesis.....	51
Figura N°09: Cantera de Agregados Morro Blanco, San Salvador, Calca, Cusco.....	79
Figura N°10: Cuarteo de muestra de agregado Grueso. ....	80
Figura N°11: Tamizado Manual de Agregado Grueso. ....	81
Figura N°12: Partículas de Agregado Grueso Retenidas en los Tamices Normados. ....	82
Figura N°13: Extracción de Arena Natural Cantera Morro Blanco, Calca, Cusco.....	83
Figura N°14: Extracción de Arena Triturada Cantera Morro Blanco, Calca, Cusco.....	83
Figura N°15: Partículas de Arena Triturada Retenidas en los Tamices Normados. ....	85
Figura N°16: Partículas de Arena Natural Retenidas en los Tamices Normados.....	85
Figura N°17: Equipos y Materiales para Peso Específico y Absorción de Agregado Fino....	87
Figura N°18: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino. ....	90
Figura N°19: Muestra de Agregado Grueso para Ensayo de Peso Específico .....	90
Figura N°20: Preparación de la Máquina de Abrasión (Máquina de los Ángeles).....	93
Figura N°21: Inserción de Esferas Metálicas para el Ensayo de Abrasión .....	93
Figura N°22: Calibrador de Espesores.....	95
Figura N°23: Calibrador de Longitudes.....	95
Figura N°24: Partículas Fracturadas (Bordes Agudos, Superficies Rugosas).....	97
Figura N°25: Partículas Fracturadas (Bordes Agudos, Superficies Alisadas).....	98
Figura N°26: Partículas Fracturadas (Bordes Redondeados, Superficies Rugosa).....	98
Figura N°27: Partículas Fracturadas (Centro) Flanqueadas por dos Partículas no Fracturadas .....	98
Figura N°28: Partículas no Fracturadas (Bordes Redondeados, Superficie Alisadas) .....	98





Figura N°29: Partículas no Fracturadas (Partículas Redondeados, Superficies Alisadas) .....	99
Figura N°30: Materiales y Equipos para Ensayo de Resistencia al Sulfato de Magnesio. ....	101
Figura N°31: Ensayo de Equivalente de Arena. ....	104
Figura N°32: Recolección de Escoria de Hierro de Talleres de Mecánica y Soldadura.....	106
Figura N°33: Recolección de Escoria de Hierro de Talleres de Mecánica y Soldadura.....	106
Figura N°34: Pesado de Escoria de Hierro Segregada con Malla de 200 mm de abertura. ..	107
Figura N°35: Ensayo Granulométrico de Escoria de Hierro Reciclado. ....	108
Figura N°36: Ensayo Granulométrico de Escoria de Hierro Reciclado. ....	108
Figura N°37: Ensayo Granulométrico de Escoria de Hierro Reciclado. ....	109
Figura N°38: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 5.5% de asfalto. .....	117
Figura N°39: Compactado y extracción de la mezcla patrón con 5.5 % de asfalto. ....	118
Figura N°40: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 6.0% de asfalto. .....	118
Figura N°41: Compactado de la mezcla patrón con 6.0 % de asfalto. ....	119
Figura N°42: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 6.5% de asfalto. .....	119
Figura N°43: Compactado de la mezcla patrón con 6.5 % de asfalto y enfriado de especímenes al aire libre. ....	120
Figura N°44: Especímenes extraídos de la mezcla patrón con 6.5% de asfalto. ....	120
Figura N°45: Pesado de agregados y cemento asfáltico al 7.0 % previo al mezclado. ....	120
Figura N°46: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 7.0% de asfalto y colocado en molde. ....	121
Figura N°47: Enfriado al aire libre de especímenes con 7.0% de asfalto.....	121
Figura N°48: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 17% de escoria de hierro y 5.0% de asfalto. ....	122
Figura N°49: Enfriado al aire libre de especímenes elaborados con 17% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto. ....	122
Figura N°50: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 17% de escoria de hierro y con 5.5 % de asfalto.....	123
Figura N°51: Especímenes extraídos elaborados con 17% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto.....	123



Figura N°52: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 17% de escoria de hierro y con 6.0 % de asfalto.....	124
Figura N°53: Extracción de especímenes elaborados con 17% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto. ....	124
Figura N°54: Control de peso previo al compactado de la mezcla elaborada con 17% de escoria de hierro y con 6.5 % de asfalto.....	125
Figura N°55: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 17% de escoria de hierro y con 6.5 % de asfalto.....	125
Figura N°56: Especímenes extraídos elaborados con 17% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto.....	125
Figura N°57: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 20% de escoria de hierro y 5.0% de asfalto. ....	126
Figura N°58: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 20% de escoria de hierro y con 5.0 % de asfalto.....	126
Figura N°59: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 20% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto. ....	127
Figura N°60: Extracción de especímenes elaborados con 20% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto. ....	127
Figura N°61: Control de peso y temperatura previo al compactado de la mezcla elaborada con 20% de escoria de hierro y con 6.0 % de asfalto. ....	128
Figura N°62: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 20% de escoria de hierro y con 6.0 % de asfalto.....	128
Figura N°63: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 20% de escoria de hierro y 6.5% de asfalto. ....	129
Figura N°64: Especímenes extraídos elaborados con 20% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto.....	129
Figura N°65: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 23% de escoria de hierro y con 5.0 % de asfalto.....	130
Figura N°66: Especímenes extraídos elaborados con 23% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto.....	130
Figura N°67: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 23% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto. ....	131



Figura N°68: Colocado de la mezcla 23% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto en moldes para su compactación.....	131
Figura N°69: Extracción de especímenes elaborados con 23% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto. ....	131
Figura N°70: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 23% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto.....	132
Figura N°71: Especímenes extraídos elaborados con 23% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto.....	132
Figura N°72: Control de peso y temperatura previo al compactado de la mezcla elaborada con 23% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto. ....	133
Figura N°73: Especímenes extraídos elaborados con 23% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto.....	133
Figura N°74: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 26% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto.....	134
Figura N°75: Especímenes extraídos elaborados con 26% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto.....	134
Figura N°76: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 26% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto. ....	135
Figura N°77: Especímenes extraídos elaborados con 26% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto.....	135
Figura N°78: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 26% de escoria de hierro y 6.0% de asfalto. ....	136
Figura N°79: Especímenes extraídos elaborados con 26% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto.....	136
Figura N°80: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 26% de escoria de hierro y 6.5% de asfalto. ....	137
Fuente N°81: Especímenes elaborados para la MAC patrón y la MAC modificada con escoria de hierro. ....	137
Figura N°82: Equipo RICE para ensayo.....	139
Figura N°83: Peso inicial de la muestra con el recipiente vacío .....	139
Figura N°84: Preparación de muestra con agua previo a la extracción de aire. ....	139
Figura N°85: Eliminación de aire con bomba de vacíos.....	140



Figura N°86: Completado del recipiente con la muestra con agua después de la extracción de aire.....	140
Figura N°87: Pesado del recipiente con la muestra y agua.....	140
Figura N°88: Especímenes a ensayar de la MAC modificada con 17% de escoria de hierro. .....	141
Figura N°89: Especímenes a ensayar de la MAC modificada con 20% de escoria de hierro. .....	142
Figura N°90: Peso sumergido de especímenes de MAC modificada con 20% de escoria de hierro. ....	142
Figura N°91: Peso al aire de especímenes de MAC modificada con 23% de escoria de hierro. .....	143
Figura N°92: Peso sumergido de especímenes de MAC modificada con 23% de escoria de hierro. ....	143
Figura N°93: Especímenes a ensayar de la MAC modificada con 26% de escoria de hierro. .....	144
Figura N°94: Peso sumergido de especímenes de MAC modificada con 26% de escoria de hierro. ....	144
Figura N°95: Equipo de baño maría .....	146
Figura N°96: Máquina de carga a compresión, cabezal de ruptura y medidor de flujo .....	146
Figura N°97: Especímenes en Agua María.....	147
Figura N°98: Colocado del espécimen en el cabezal de ruptura. ....	147
Figura N°99: Colocado del cabezal de ruptura con el espécimen en la máquina de carga a compresión.....	147
Figura N°100: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC patrón con 5.5% de asfalto. ...	148
Figura N°101: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC patrón con 6.0% de asfalto. ...	148
Figura N°102: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC patrón con 6.5% y 7% de asfalto. .....	149
Figura N°103: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 17% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto. ....	149
Figura N°104: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 17% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto. ....	150
Figura N°105: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 20% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto. ....	150



Figura N°106: Evaluación de estabilidad y flujo de MAC con 20% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto. ....	151
Figura N°107: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 23% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto. ....	151
Figura N°108: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 23% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto. ....	152
Figura N°109: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 26% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto. ....	152
Figura N°110: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 26% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto. ....	153
Figura N°111: Especímenes a ensayar.....	154
Figura N°112: Especímenes en baño maría a 25°C.....	154
Figura N°113: Máquina de Compresión Simple.....	155
Figura N°114: Espécimen sometido a compresión.....	155
Figura N°115: Contenido de Asfalto vs Densidad.....	220
Figura N°116: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.....	221
Figura N°117: Contenido de Asfalto vs VTM.....	221
Figura N°118: Contenido de Asfalto vs VMA. ....	222
Figura N°119: Contenido de Asfalto vs VFA.....	222
Figura N°120: Contenido de Asfalto vs Flujo. ....	223
Figura N°121: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo. ....	223
Figura N°122: Contenido de Asfalto vs Densidad.....	226
Figura N°123: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.....	226
Figura N°124: Contenido de Asfalto vs VTM.....	227
Figura N°125: Contenido de Asfalto vs VMA. ....	227
Figura N°126: Contenido de Asfalto vs VFA.....	228
Figura N°127: Contenido de Asfalto vs Flujo. ....	228
Figura N°128: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo. ....	229
Figura N°129: Contenido de Asfalto vs Densidad.....	231
Figura N°130: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.....	232
Figura N°131: Contenido de Asfalto vs VTM.....	232
Figura N°132: Contenido de Asfalto vs VMA. ....	233
Figura N°133: Contenido de Asfalto vs VFA.....	233



Figura N°134: Contenido de Asfalto vs Flujo. ....	234
Figura N°135: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo. ....	234
Figura N°136: Contenido de Asfalto vs Densidad. ....	237
Figura N°137: Contenido de Asfalto vs Estabilidad. ....	237
Figura N°138: Contenido de Asfalto vs VTM. ....	238
Figura N°139: Contenido de Asfalto vs VMA. ....	238
Figura N°140: Contenido de Asfalto vs VFA. ....	239
Figura N°141: Contenido de Asfalto vs Flujo. ....	239
Figura N°142: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo. ....	240
Figura N°143: Contenido de Asfalto vs Densidad. ....	242
Figura N°144: Contenido de Asfalto vs Estabilidad. ....	243
Figura N°145: Contenido de Asfalto vs VTM. ....	243
Figura N°146: Contenido de Asfalto vs VMA. ....	244
Figura N°147: Contenido de Asfalto vs VFA. ....	244
Figura N°148: Contenido de Asfalto vs Flujo. ....	245
Figura N°149: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo. ....	245
Figura N°150: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Estabilidad. ....	252
Figura N°151: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Flujo. ....	253
Figura N°152: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Relación Estabilidad/Flujo ....	254
Figura N°153: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs VTM ....	255
Figura N°154: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs VMA. ....	256
Figura N°155: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs VFA ....	257
Figura N°156: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Peso Unitario ....	259
Figura N°157: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC patrón. .	260
Figura N°158: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple MAC Modificada con 17% de escoria de hierro. ....	260
Figura N°159: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC Modificada con 20% de escoria de hierro. ....	261
Figura N°160: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC Modificada con 23% de escoria de hierro. ....	261
Figura N°161: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC Modificada con 26% de escoria de hierro. ....	262



## Resumen

Mediante la ejecución del presente trabajo de investigación, se evaluó las propiedades físico – mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino respecto a una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 patrón, elaboradas con agregados procedentes de la cantera Morro Blanco - Pisac, Calca, Cusco y cemento asfáltico PEN 85/100 procedente de la planta de asfaltos del Gobierno Regional del Cusco. El proceso de ejecución del presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas: obtención de contenido óptimo de asfalto para mezcla asfáltica patrón y obtención de contenido óptimo de asfalto de mezcla asfáltica modificada para los diferentes porcentajes de escoria de hierro (17%, 20%, 23%, 26%) de acuerdo al método del Instituto del Asfalto.

De acuerdo al diseño Marshall se elaboraron los diseños de mezclas asfálticas en caliente con contenido óptimo de asfalto: para el diseño patrón de 6.23%, para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 17% de escoria en reemplazo de agregado fino de 6.06%, para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 20% de escoria en reemplazo de agregado fino de 6.13%, para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de escoria en reemplazo de agregado fino de 5.70% y para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria en reemplazo de agregado fino de 6.05%.

Se evaluaron las propiedades físicas, tales como: parámetros volumétricos y peso unitario; las propiedades mecánicas, tales como: estabilidad, flujo, relación estabilidad – flujo y resistencia a la compresión simple. A partir de la evaluación de parámetros físico – mecánicos detallados anteriormente se determinó que la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 con contenido óptimo de asfalto de 6.05% modificada con 26 % de escoria de hierro en reemplazo de agregado fino brinda mejores beneficios respecto a el diseño de mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 contenido óptimo de asfalto 6.23% del diseño patrón, ya que posee valores que se encuentran dentro de los rangos estipulados en las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 y reglamento C.E.010 para pavimentos urbanos del reglamento nacional de edificaciones (RNE) del Perú.

### Palabras Clave:

Mezcla asfáltica, escoria de hierro, cemento asfáltico, diseño Marshall, estabilidad, flujo, parámetros volumétricos, peso unitario, resistencia a la compresión simple, propiedades físico-mecánicas.





## Abstract

This research work evaluated the physical-mechanical properties of a PEN 85/100 hot mix asphalt mixture modified with iron slag to replace fine aggregate compared to a standard PEN 85/100 hot mix asphalt mixture, prepared with aggregates from the Morro Blanco – Pisac, Calca, Cusco, and PEN 85/100 asphalt cement from the asphalt plant of the Regional Government of Cusco. The execution process of this research work was carried out in two stages: obtaining the optimum asphalt content for the standard asphalt mix and obtaining the optimum asphalt content of the modified asphalt mix for the different percentages of iron slag (17%, 20%, 23%, 26%) according to the Asphalt Institute's method.

According to the Marshall design, hot mix asphalt designs with optimum asphalt content were prepared: for the standard design of 6.23%, for the modified hot mix asphalt with 17% slag replacing fine aggregate of 6.06%, for the modified hot mix asphalt with 17% slag replacing fine aggregate of 6.06%, for the modified hot mix asphalt with 20% slag replacing fine aggregate 6.13%, for the modified hot mix asphalt with 23% slag replacing fine aggregate 5.70% and for the modified hot mix asphalt with 26% slag replacing fine aggregate 6.05%.

Physical properties were evaluated, such as: volumetric parameters and unit weight; mechanical properties, such as: stability, flow, stability-flow ratio and resistance to simple compression. From the evaluation of the physical-mechanical parameters detailed above, it was determined that the PEN 85/100 hot mix asphalt with an optimum asphalt content of 6.05% modified with 26% iron slag in replacement of fine aggregate provides better benefits compared to the design of the PEN 85/100 hot mix with an optimum asphalt content of 6.23% of the standard design, since it has values that are within the ranges stipulated in the general technical specifications for construction EG-2013 and regulation C.E.010 for urban pavements of the national building regulations (RNE) of Peru.

## Keywords:

Asphalt Mixture, Iron slag, asphalt cement, Marshall design, stability, flow, volumetric parameters, unit weight, resistance to simple compression, physical-mechanical properties.





## 1. Capítulo I: Introducción

La ingeniería vial dentro de la ciudad del Cusco es un tema de gran controversia y desafío, debido a que las condiciones meteorológicas, geológicas y geográficas de la región presumen un gran reto para la misma. Entonces debería de esperarse que el tema de pavimentos dentro de la ingeniería vial de la región del Cusco sea un tema más profundo en materia de investigación, sin embargo, lastimosamente se sigue manteniendo los conceptos y metodologías tradicionales que conforme va pasando el tiempo estas van quedando obsoletas, dejando de lado el aporte e innovación que puede encontrarse en el entorno y coyuntura actual. Los pavimentos en nuestra región del Cusco suelen presentar algunas fallas dentro de su distribución estructural y sobre todo en el diseño de la capa bituminosa, producto de diferentes aspectos dentro de la elaboración de la mezcla asfáltica; razón por la cual el presente trabajo de Investigación pretende aportar un nuevo material con el cual se pueda mejorar características físicas de una mezcla y comportamientos mecánicos de la misma, evaluando mediante ensayos de estabilidad, flujo y tracción indirecta en comparación con un diseño de mezcla asfáltica patrón usadas tradicionalmente en el medio.

La escoria de hierro está presente en los diferentes talleres de soldadura y mecánica de nuestra ciudad los cuales producto de las diferentes actividades que realizan generan este tipo de residuos que no poseen una disposición final adecuada actualmente, debido al tamaño de sus partículas. El hierro, por sus características, presenta ser una alternativa que podría permitir mejorar las características físico - mecánicas de una mezcla asfáltica modificada, lo cual podría generar una gran alternativa al manejo de estos residuos sólidos y mejorar la calidad de pavimentos flexibles a partir de una mezcla asfáltica modificada de obtener buenos resultados. En la ejecución y desarrollo de la Investigación se diseñó una mezcla asfáltica patrón, de la cual se determinará un contenido óptimo de asfalto. Consecuentemente se procederá a realizar el diseño a partir del reemplazo de agregado fino con diferentes porcentajes en peso de escorias de hierro reciclado, dichos porcentajes variarán entre 17% y 26%. Con el diseño obtenido se realizaron ensayos para determinar características físicas, y el comportamiento mecánico de ambas mezclas, el patrón y la modificada, para así poder comparar sus resultados obtenidos.



### 1.1. Planteamiento del Problema

La región del Cusco presenta diversas falencias en el desempeño de los pavimentos que ofrece a la población dentro de sus proyectos de ingeniería vial, claro ejemplo son las fallas presentes en los pavimentos asfálticos de nuestra ciudad del Cusco donde podemos apreciar diferentes tipos de fallas similares a las presentes en otros puntos de la región, como, por ejemplo:

Figura N°01: Presencia de Baches en la Carpeta Asfáltica en Urbanización Cerveceros, Wanchaq, Cusco.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°02: Presencia de Baches en la Carpeta Asfáltica en la Prolongación Av. de la Cultura, San Jerónimo, Cusco.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°03: Presencia Agrietamiento en la Carpeta Asfáltica en la Prolongación Av. de la Cultura, San Jerónimo, Cusco.



Fuente: Propia (2023).

Debido a lo expuesto anteriormente podemos determinar fallas similares en los diferentes puntos evaluados en la ciudad como: ahuellamiento, hundimiento y corrugación. La tecnología de asfaltos dentro de nuestra ciudad conserva métodos tradicionales para diseños de pavimentos asfálticos en caliente, privando en su diseño de todo tipo de modificación que mejore su desempeño y funcionalidad para cubrir con las demandas actuales de la población, que van incrementándose conforme va transcurriendo el tiempo.

Dentro del presente trabajo de investigación se propone el estudio y evaluación de un diseño de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con un material poco convencional, evaluando sus características físicas y el comportamiento mecánico al reemplazar un porcentaje del agregado fino por escorias de hierro reciclado dentro de la región del Cusco.

Para la ejecución del proyecto de investigación planteado se proseguirá a la elaboración de un diseño de mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 Marshall con los agregados de la cantera "Morro Blanco", para la cual se determinará el porcentaje de asfalto óptimo para posteriormente ser considerada como una mezcla asfáltica patrón. Posteriormente con los valores de porcentajes óptimo de asfalto obtenido se buscará obtener el porcentaje de escoria de hierro reciclada óptima en porcentaje de peso que pueda reemplazar al agregado fino para mejorar las características físicas y el comportamiento



mecánico de la mezcla asfáltica, determinados mediante el desarrollo de diferentes ensayos exigidos por la normativa nacional tales como la estabilidad, flujo, parámetros volumétricos, peso unitario y resistencia a la compresión.

El presente trabajo de investigación busca proponer una alternativa diferente en cuanto al diseño de mezclas asfálticas en nuestra región que podrían ser aplicadas en la ejecución de diversos proyectos de ingeniería vial para el servicio de la población, además de poder contribuir con la preservación del medio ambiente al poder otorgar un valor adicional a diferentes residuos de hierro presentes en los talleres mecánicos de nuestra ciudad como fuente para obtener las escorias del material mencionado.

## 1.2. Formulación de Problema

### 1.2.1. Problema General

- ¿Cómo varían las propiedades físico-mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo varía la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023?
- ¿Cómo varía los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023?
- ¿Cómo varía el peso unitario de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023?
- ¿Cómo varía la resistencia a la compresión de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023?



### 1.3. Justificación

#### 1.3.1. Conveniencia

La investigación es conveniente, pues se busca encontrar diferentes maneras de reutilizar residuos sólidos como la escoria de hierro, ya que dicho insumo no posee una adecuada disposición final dentro de nuestro medio lo cual implica la existencia de un volumen importante dentro de los diferentes talleres de mecánica en contacto directo con la superficie del suelo.

Cabe resaltar que actualmente la región del Cusco posee una problemática bastante relevante en cuanto a pavimentos, ya que los métodos tradicionales de elaboración de los mismos no cuentan con las propiedades que el rubro del transporte demanda actualmente. Es así, que el presente trabajo de investigación busca encontrar un nuevo diseño de pavimento asfáltico que presente mejores características físico - mecánicas que en un futuro signifique una posible aplicación dentro de nuestro medio.

#### 1.3.2. Relevancia Social

La investigación proporcionará información relevante dentro de los proyectos de ingeniería concernientes a la elaboración y empleo de pavimentos asfálticos modificados con adición de nuevos materiales, para posteriormente beneficiar a la sociedad del área donde se ejecuten los proyectos viales a base de mezclas asfálticas en caliente modificadas mejorando la calidad de vida de los pobladores de las diferentes poblaciones donde el proyecto vial tenga bajo su cobertura.

Así mismo, el presente proyecto posee un enfoque de preservación del medio ambiente, ya que al emplear escorias de hierro recicladas contribuye a la reducción de generación de residuos sólidos de este tipo ya que muchas veces no se posee una adecuada disposición final de este residuo.

#### 1.3.3. Implicancia Práctica

La presente investigación busca brindar un aporte positivo para el desempeño de los pavimentos asfálticos en nuestro medio, adicionalmente contribuye al manejo de un tipo de residuo sólido cuya disposición final del mismo no es tomado en cuenta y se



encuentra almacenado inadecuadamente dentro de diferentes establecimientos de la zona, en contacto directo con la superficie del suelo y los factores ambientales de la zona.

Es entonces, que se busca mejorar los diseños de mezclas asfálticas en caliente aplicando materiales reciclados presentes en el medio cuyo impacto ambiental es dejado de lado.

#### 1.3.4. Valor Teórico

La realización de la presente investigación es relevante pues no se encontraron estudios previos en cuanto al diseño de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro reciclado en nuestro medio para el desarrollo de pavimentos.

El uso de escorias de hierro en reemplazo del material fino dentro del diseño de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 busca mejorar la calidad y comportamiento de los pavimentos en los cuales sea empleado además de otorgarle a dicha mezcla la cualidad de ser eco amigable por el valor agregado que le otorgará al residuo sólido considerado desperdicio dentro de los talleres de mecánica.

#### 1.3.5. Utilidad Metodológica

La presente investigación busca contribuir con el desarrollo de los diseños de mezclas asfálticas de una manera que puedan ser empleados en nuestro medio, empleando las técnicas de evaluación de especímenes de asfalto tradicionales empleadas en el medio para conocer sus propiedades físico - mecánicas. Sin embargo, se propone una alternativa poco común de comparación entre una mezcla patrón y una modificada, ya que el presente trabajo de investigación busca dar énfasis en la importancia de la obtención del porcentaje de asfalto óptimo para cada modificación o reemplazo de agregado que se realice. Ya que no se conoce exactamente el comportamiento que vayan a tener los nuevos materiales para con los tradicionales.



Asimismo, el presente trabajo de investigación permitirá el continuo estudio de diferentes opciones de diseño a partir de diferentes residuos reciclables que puedan aportar una mejora en las propiedades físico - mecánicas dentro del diseño de las mezclas asfáltica a emplear en nuestro medio.

#### 1.4. Objetivos de la investigación

##### 1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la variación de las propiedades físico-mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.

##### 1.4.2. Objetivo Específico

- Determinar la variación de la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco- Cusco - 2023.
- Determinar la variación de los parámetros volumétricos de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.
- Determinar la variación del peso unitario de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.
- Determinar la variación de la resistencia a la compresión de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.

#### 1.5. Delimitación del Estudio

##### 1.5.1. Delimitación Espacial

El presente trabajo de investigación se realizará netamente para fines académicos y comparativos, sirviendo de antecedente referente al reemplazo de materiales tradicionales dentro del diseño de pavimentos asfálticos en caliente para la Región del Cusco, Provincia de Cusco, que pueda ser usado para próximas investigaciones o proyectos que busquen la mejoría de las propiedades mencionadas en la investigación otorgadas por el reemplazo del agregado fino por escorias de hierro reciclado.





### 1.5.2. Delimitación Temporal

El presente trabajo de investigación será ejecutado durante el periodo de tiempo comprendido entre el último bimestre del 2022 hasta el segundo trimestre del 2023. Teniendo como plazo de ejecución total un periodo aproximado de ocho meses.





## 2. Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

- Estudio del uso de escoria como Agregado Grueso en Mezclas Asfálticas Densas para Pavimentos.

Autores: Novoa Bedoya, Aura Cristina.

Universidad Católica de Colombia.

El trabajo está enfocado en la incorporación de escorias de acero en las mezclas asfálticas densas en caliente, debido a la gran cantidad de estos residuos que no son reutilizados y generan contaminación al medio ambiente. La presente investigación está dada para incorporar material alternativo antes mencionado en la franja granulométrica de material grueso, más específicamente en la fracción de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ " de la mezcla MDC-19 modificada con grano de caucho reciclado, para esto se realizaron ensayos con el fin de evaluar el comportamiento mecánico mediante el módulo resiliente, ensayo de tracción indirecta, ensayo de fluencia y cántabro. De esta manera realizando un análisis de factibilidad de propiedades mecánicas y viabilidad económica.

La recuperación de este material es realmente importante debido a la mitigación de las emisiones de gases contaminantes y a la reducción de contaminación en los suelos y fuentes hídricas, no sin antes pasar por alto el contribuyente ambiental la reutilización de la escoria como agregado de las mezclas asfálticas.

El porcentaje óptimo de asfalto para una mezcla asfáltica de control MDC-19 modificada con grano de caucho reciclado mediante el ensayo Marshall, obtuvo un resultado óptimo de 7%, a partir del cual se consideró la inclusión de escoria de acero fundamentado en estudios previos de mezclas con escoria. (Bedoya, 2020)

- Mejoramiento de la Carpeta Asfáltica a base de Escoria Siderúrgica para Pavimentos Flexibles (Mezcla Asfáltica)

Autores: López Caiza, Danilo Ramiro.

Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

La presente investigación busca emplear la escoria siderúrgica como parte del agregado, en la mezcla asfáltica, lo que derivó positivamente y sustentablemente su aplicabilidad



técnica, científica en un importante aporte para mejorar sus características y su periodo de durabilidad.

El estudio partió del diseño de una mezcla asfáltica en caliente (patrón) mediante el método Marshall. A partir de la cual se comparó las propiedades físico mecánicas con respecto a la mezcla asfáltica adicionada con ciertos porcentajes en peso de escoria.

Se emplearon dos muestras de mezcla asfáltica modificadas con escorias, de las cuales a partir de los resultados obtenidos y su relación a la Estabilidad - Fluencia adecuada capaz de mantener su forma bajo cargas repetidas, haciendo de este un pavimento flexible idóneo para las carreteras del Ecuador. Dicha muestra presenta un 37.80% de agregado grueso (escoria), 48.87% de agregado intermedio - fino, 5.53% de filler y un 7.8% de cemento asfáltico AC - 20.

La escoria en una mezcla asfáltica, posee excelentes propiedades de afinidad con el cemento asfáltico, lo cual significa muy poca abrasión y erosión de la mezcla, ante los efectos de clima y tráfico. (Caiza, 2017)

- Estudio del Comportamiento de Mezclas Asfálticas con Escoria de Horno de Arco Eléctrico

Autores: Gómez Avellaneda, Carmenza

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

El presente trabajo de investigación buscó establecer la conveniencia y desempeño de la escoria negra de horno de arco eléctrico EAF, como reemplazo del agregado grueso dentro del diseño de mezclas asfálticas en caliente MDC-19. Para la ejecución del presente trabajo de investigación se realizaron especímenes con diferentes combinaciones con la sustitución del 50% - 100% de agregado grueso con escorias de horno de arco eléctrico.

El resultado obtenido al final del proceso de investigación fue comparado en función a las normas INVIAS de 2013. Se pudo determinar que el uso de escoria como componente sustitutorio del agregado grueso dentro de las mezclas asfálticas en caliente si es conveniente salvo cuando se reemplaza en un 100% el agregado grueso, es en este caso que los valores obtenidos de estos especímenes concernientes a la susceptibilidad



de la humedad son muy bajos y hacen que el pavimento sea susceptible a daños en presencia de humedad.

De acuerdo a los diferentes ensayos realizados para con los materiales, en este caso el agregado grueso y la escoria, se pudo determinar que la escoria posee mejores resultados en función a sus características que el agregado grueso. Por este motivo podemos decir que en porcentajes óptimos el reemplazo de agregado grueso por escoria podrá mejorar las características de nuestro pavimento. (Avellaneda, 2019)

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en Caliente Incorporando Escoria de Acero.  
Autores: Calva Herrera, Leyner Oswaldo

Universidad Señor de Sipán.

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. Así como también tener la capacidad de resistir las cargas que se aplica sobre estos, que no presenten defectos como ahuellamientos, fallas por fatiga, baja resistencia al deslizamiento, etc. Se evaluó así la incorporación de escoria de acero para el diseño de MAC cuyo objetivo es evaluar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente incorporando escorias de acero con porcentajes respecto al agregado grueso en 0% - 15% - 25% - 50% - 75%. Los resultados en cuanto a calidad cumplieron los estándares de calidad, asimismo logró aumentar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica incorporada hasta un máximo de 25%.

En la presente investigación, dentro de los porcentajes incorporados se logró obtener que el 15% de escoria es la mejor combinación. Cumpliendo esta para tránsito liviano y mediano. (Herrera, 2020)

- Análisis Comparativo De La Resistencia A La Compresión, Flexión Y Trabajabilidad Del Concreto Tradicional Versus Un Concreto Utilizando Escoria De Acero Como Agregado Fino

Autores: Camarena Flores, Armando y Días Garamendi, David

Revista Gaceta Técnica.



El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de determinar la influencia de la escoria de acero como agregado global dentro del diseño de una mezcla de concreto  $f'c=20594$  kPa. Evalúa la influencia de la escoria dentro de las características del concreto como: compresión, flexión y trabajabilidad utilizando la escoria de acero en porcentajes de 10%, 15% y 20% en reemplazo del agregado fino y considerar dicho diseño como una alternativa de concreto eficiente, económico y eco amigable empleando materiales reciclados.

El método aplicado en la ejecución y procesamiento de datos es el cuantitativo utilizando como herramienta de recolección de datos fueron: paneles de observación de datos y estadísticas inferenciales. Los resultados expuestos en el presente trabajo de investigación fueron obtenidos a partir de la evaluación de especímenes con 7, 14 y 28 días respectivamente.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación demostraron que el porcentaje óptimo de escoria de acero para un diseño de mezcla de concreto  $f'c=20594$  kPa es del 10% en donde se determinó los siguientes resultados concerniente a las características físico - mecánicas:

A los 7 días se observó que la resistencia a la compresión de los especímenes tuvo una mejora considerable. A los 14 días el espécimen evaluado no presenta mejoras en cuanto a sus características físico - mecánicas respecto al diseño tradicional. A los 28 días las mejoras en cuanto a las características físico - mecánicas superan a las existentes en una mezcla de diseño tradicional. (Camarena Flores & Díaz Garamendi, 2021)

- Escoria de Acero y su Influencia en las Propiedades físico mecánicas de mezclas asfálticas en caliente.

Autores: Luis Reyna, Juan José y Silva Terrones, Débora Alexandra

Universidad César Vallejo.

El presente trabajo de investigación determinó la influencia de la adición de escoria de acero en las propiedades físico mecánicas de una mezcla de asfalto en caliente PEN 60/70 para dar solución a las fallas producidas en una carpeta asfáltica en pavimentos flexibles para hacerlos más duraderos.



Se realizaron especímenes con porcentajes de 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, 7.5% y 8% de asfalto PEN 60/70 determinando que el porcentaje de asfalto óptimo es de 5.8%. Posteriormente se evaluó el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente con una adición de escoria de acero entre los porcentajes de 15%, 25%, 50 % y 75%.

Se pudo apreciar que el diseño de mezcla asfáltica en caliente PEN 60/70 mejora notablemente la estabilidad respecto a los valores que nos establece el MTC EG-2013, otorgando características favorables al pavimento frente a las fallas producidas por el tránsito vehicular.

Los valores obtenidos respecto a las propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente fueron los siguientes: las propiedades mecánicas incrementaron significativamente siendo en estabilidad 32.35% y en flujo 80.28% con un porcentaje de 30% de escoria de acero, más las propiedades físicas no presentaron variación respecto a la mezcla asfáltica en caliente tradicional. (Luis Reyna & Silva Terrones, 2022)

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Pavimentos

El pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Fonseca, 2002)

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente a los agentes del intemperismo.
- Ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe ser durable.
- Debe tener un buen drenaje.



- Debe ser económico. (Fonseca, 2002)

## 2.2.2. Clasificación de los Pavimentos

En nuestro medio generalmente los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

### 2.2.2.1. Pavimentos Rígidos

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto apoyada en la subrasante, la capacidad estructural de este tipo de pavimento depende de la losa y de la capa de la sub rasante. (Acero, 2014)

Figura N°04: Estructura del pavimento rígido.



Fuente: Ilustración SEQ Arabic 1 (Acero,2014)

### 2.2.2.2. Pavimentos Flexibles

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa el cual está sobre dos capas no rígidas que son nombradas como la base y sub base.

#### 1) Estructura del pavimento flexible

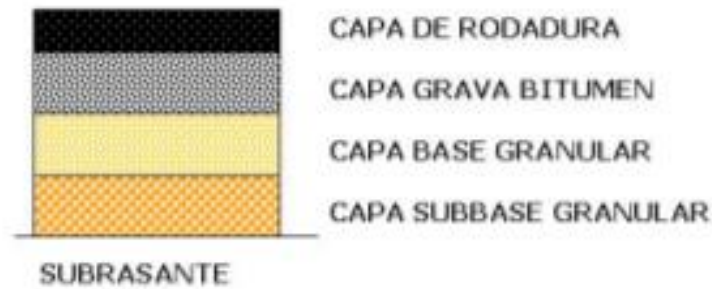
La estructura de un pavimento flexible es:

- Carpeta asfáltica
- Base
- Sub base

Toda la estructura se construye sobre la capa subrasante (Acero, 2014)



Figura N°05: Estructura del pavimento flexible.



Fuente: Ilustración SEQ Arabic2(Acero,2014)

### 2.2.3. El Asfalto:

El asfalto es uno de los componentes ingenieriles más arcaicos utilizados desde los inicios del hombre para la construcción. Apareció aproximadamente en el año 2500 a.C. en Egipto, cuyo vocablo deriva del acadio “Sphalto” que significa “que deja caer”, este término se utilizaba en Asiria entre los años 1400 y 600 a.C., tiempo después esta palabra fue adoptada por los griegos, quienes le otorgaron el significado de “que rigidiza o estabiliza, y finalmente evolucionó al latín y después al francés (Asphalte) y al español (Asfalto), hasta llegar al inglés (Asphalt).

**Cemento Asfáltico:** La ASTM define al cemento asfáltico como “un cementante de color marrón oscuro a negro en el que sus componentes predominantes son los asfáltenos que pueden ser naturales u obtenidos como residuo en la refinación del petróleo crudo (Rodríguez, 2004).

El asfalto es un material que puede ser encontrado en la naturaleza en yacimientos naturales o a través de la destilación del crudo de petróleo. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido, lo cual permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de la mezcla en caliente que se va a producir en esta investigación.

El asfalto es un material altamente impermeable, adherente y cohesivo, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo la acción de cargas permanentes (Asphalt Institute; 1992).



De acuerdo a Rodriguez (2014), los componentes del asfalto son compuestos alifáticos y aromáticos con hasta 150 átomos de carbono saturados e insaturados. Su composición varía dependiendo de la fuente de petróleo crudo. Muchos de los compuestos contienen oxígeno, nitrógeno, azufre y otros heteroátomos. El asfalto típicamente contiene aproximadamente 80% en peso de carbono; alrededor de 10% de hidrógeno; hasta 6% de azufre; pequeñas cantidades de oxígeno y nitrógeno; y también contiene algunos metales tales como hierro, níquel y vanadio. Los pesos moleculares de dichos componentes del asfalto varían desde varios cientos a varios miles.

El asfalto posee las siguientes propiedades:

- **Consistencia:** Se refiere a la dureza del material, la cual depende de la temperatura. A altas temperaturas se considera el concepto de viscosidad para definirla (mayor temperatura, menor viscosidad).
- **Durabilidad:** Capacidad de mantener sus propiedades con el paso del tiempo y la acción de agentes envejecedores.
- **Viscosidad:** Es una propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan mayor resistencia a fluir en comparación de un fluido con baja viscosidad que fluye con facilidad.
- **Elasticidad:** Es una propiedad que tienen los materiales para recuperar su forma al finalizar o disminuir la carga que los modifica.
- **Susceptibilidad Térmica:** Variación de sus propiedades con la temperatura.
- **Pureza:** Definición de su composición química y el contenido de impurezas que posee.
- **Seguridad:** Capacidad de manejar el asfalto a altas temperaturas sin peligros de inflamación.

#### 2.2.4. Mezcla Asfáltica

Las mezclas asfálticas son empleadas en la construcción de pavimentos, ya sean en capas de rodadura o capas inferiores, buscando de esta manera brindar una superficie de rodamiento cómoda, segura y económica a los usuarios de las vías de comunicación, facilitando la circulación de los vehículos.

Estas son una combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico, las cuales normalmente son elaboradas en plantas mezcladoras dependiendo de la magnitud





requerida o en algunos casos son fabricadas in situ. (Rondón Quintana & Reyes Liscano, 2015)

Se tienen que considerar dos aspectos fundamentales en el diseño y proyecto de un pavimento:

1. La Función Resistente, que determina los materiales y los espesores de las capas que habremos de emplear en su construcción.
2. La Finalidad, que determina las condiciones de textura y acabado que se deben exigir a las capas superiores del firme, para que resulten seguras y confortables. A estas capas superiores se les denomina pavimento.

Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. El ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total (Rodríguez, 2004).

Existen diversos tipos de mezclas asfálticas de acuerdo a su tipo de elaboración, así como al uso que se le da; dentro de las cuales encontramos:

- Mezclas abiertas en frío.
- Mezclas abiertas en caliente.
- Mezclas densas en frío.
- Concreto asfáltico o mezcla densa en caliente.
- Arena – asfalto.
- Tratamientos superficiales.
- Lechadas Asfálticas.
- Mezclas asfálticas drenantes.
- Mezclas discontinuas o microaglomerados en caliente.
- Mezclas Tibias.
- Mezclas asfálticas modificada
- Materiales granulares estabilizados con asfalto

(Rondón Quintana & Reyes Liscano, 2015)



Dentro de la elaboración de una mezcla asfáltica se busca que esta cumpla con ciertas características importantes, las cuales son:

- a. La mezcla debe de poseer la suficiente estabilidad para poder satisfacer las exigencias del servicio y las demandas del tránsito sin distorsiones o desplazamientos.
- b. La densidad que posea la mezcla, definida como peso unitario, es una característica importante en la búsqueda de obtener un rendimiento duradero de un pavimento, esta es calculada de multiplicar la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua.
- c. El contenido de asfalto debe ser el suficiente para así asegurar que el pavimento sea durable, este como resultado de un recubrimiento completo a las partículas de agregado pétreo, compactado adecuadamente. Este depende significativamente de las características que presenten los agregados, como su granulometría y capacidad de absorción.
- d. La mezcla asfáltica debe ser lo suficientemente trabajable para permitir una eficiente operación constructiva en su elaboración y compactación.
- e. Debe de tener los espacios vacíos suficientes para evitar posibles afloramientos de asfalto y sus posteriores pérdidas de estabilidad. Los espacios vacíos son determinantes en la durabilidad que se busque alcanzar en los pavimentos. Esta característica está directamente relacionada con la densidad de la mezcla.

(Rondón Quintana & Reyes Liscano, 2015)

#### 2.2.4.1. Propiedades Físicas:

Las propiedades físicas de las mezclas asfálticas son:

##### 1) Durabilidad:

Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento, y por consiguiente es difícil de definir solamente en términos de las propiedades del asfalto.

Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción, y otras variables, que incluyen la misma durabilidad del asfalto.



Sin embargo, existen pruebas rutinarias usadas para evaluar el comportamiento del asfalto frente al envejecimiento en horno. Estas son la Prueba de Película delgada en Horno (TFO) y la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO) (Asphalt Institute; 1992).

2) Adhesión y Cohesión:

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su lugar, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo de ductilidad no mide directamente la adhesión o la cohesión; más bien, examina una propiedad del asfalto considerada por algunos como relacionada con la adhesión y la cohesión. En consecuencia, el ensayo es del tipo “califica – no califica”, y solo puede indicar si la muestra es, o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos (Asphalt Institute; 1992).

3) Susceptibilidad a la Temperatura:

Los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven más duros (más viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Esta característica se conoce como susceptibilidad a la temperatura o tasa de variación de viscosidad con la temperatura, y es una de las propiedades más valiosas en un asfalto. La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, aún si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado pues indica la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el asfalto con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla sobre la base de la carretera.

Debe entenderse que es de vital importancia conocer las características de viscosidad de un asfalto en todo el rango de temperatura. Debe tener suficiente fluidez a altas temperaturas para que pueda cubrir las partículas de agregado durante el mezclado, y así permitir que estas partículas se desplazan unas respecto a otras durante la compactación.



Luego deberá volverse lo suficientemente viscoso, a temperaturas ambientales normales, para mantener unidas las partículas de agregado (Asphalt Institute; 1992).

#### 4) Endurecimiento y Envejecimiento:

Los asfaltos tienden a endurecerse aumentando sus características de consistencia en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en el pavimento terminado. Este endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinándolo con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado).

En el proceso de elaboración de la mezcla el asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas mientras se encuentra en el tambor mezclador. Esto hace que la oxidación y el endurecimiento más severo ocurran en esta etapa de mezclado. El margen de viscosidad del material original (antes de la Prueba de Película Delgada en Horno rotatorio – RTFO) es mucho menor que el margen obtenido después del calentamiento.

No todos los asfaltos se endurecen a la misma velocidad cuando son calentados en películas delgadas. Por lo tanto, cada asfalto debe ser ensayado por separado para poder determinar sus características de envejecimiento, y así poder minimizar el endurecimiento.

Estos ajustes incluyen mezclar el asfalto con el agregado a la temperatura más baja posible, y durante el tiempo más corto que pueda obtenerse en la práctica. El endurecimiento del asfalto continúa en el pavimento después de la construcción. Una vez más, las causas principales son la oxidación y la polimerización. Estos procesos pueden ser retardados si se mantiene, en el pavimento terminado, una cantidad pequeña de vacíos (de aire) interconectados, junto con una capa gruesa de asfalto cubriendo las partículas de agregado. (Asphalt Institute; 1992)

#### 2.2.4.2. Clasificación:

Las mezclas asfálticas se clasifican de acuerdo a diferentes parámetros que son:



- 1) Por Fracciones del Agregado Pétreo en la Mezcla:
  - Masilla Asfáltica: Polvo mineral más el ligante.
  - Mortero Asfáltico: Agregado fino más masilla.
  - Concreto Asfáltico: Agregado grueso más mortero.
  - Macadam Asfáltico: Agregado grueso más ligante asfáltico.
  
- 2) Por la Temperatura de la Mezcla en la Puesta en Obra:
  - Mezclas Asfálticas en Caliente:

Se define como mezcla asfáltica (o bituminosa) en caliente a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante. Fabricadas con asfaltos a temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores al ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.
  - Mezclas Asfálticas en Frío:

El ligante es una emulsión asfáltica (aunque en algunos lugares se usan los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.
  
- 3) Por Proporción de Vacíos en la Mezcla Asfáltica:
  - Mezclas Cerradas o Densas: Con una proporción de vacíos no mayor al 6 %.
  - Mezclas Semi-Cerradas o Semi-Densas: La proporción de vacíos está entre el 6 % y el 10 %.
  - Mezclas Abiertas: Con una proporción de vacíos mayor de 12 %.
  - Mezclas Porosas o Drenantes: Con una proporción de vacíos superior al 20 %.
  
- 4) Por el Tamaño Máximo del Agregado Pétreo:
  - Mezclas Gruesas: el tamaño máximo del árido es mayor a 10 mm.



- Mezclas Finas: son micro aglomerados ó morteros asfálticos; éstas son mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico. El tamaño máximo del agregado pétreo determina el espesor mínimo con el que se extiende la mezcla (del doble al triple del tamaño máximo).
- 5) Por la Estructura del Agregado Pétreo:
- Mezclas con Esqueleto Mineral:  
Provistas de un esqueleto mineral resistente, su componente de resistencia debida al rozamiento interno de los agregados es notable. Ejemplo, las mezclas abiertas y los que genéricamente se denominan concretos asfálticos, aunque también una parte de la resistencia de estos últimos, se debe a la masilla.
  - Mezclas sin Esqueleto Mineral:  
No poseen un esqueleto mineral resistente, la resistencia es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla. Ejemplo, los diferentes tipos de masillas asfálticas.
- 6) Por la Granulometría:
- Mezclas Continuas: Una cantidad muy distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.
  - Mezclas Discontinuas: Una cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico (Construmática, s.f.).

#### 2.2.4.3. Filler Mineral

El filler mineral o también conocido como polvo mineral es definido como la porción del agregado pétreo total pasante al tamiz N°200, según lo especificado por el Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS) regido por la normativa ASTM D-2487.

El filler mineral, es un producto o material proveniente de la naturaleza desintegrada o polvo calizo. Empleado en la elaboración generalmente de mezclas asfálticas.

Dentro de las características más interesantes que presenta el filler mineral para el empleo en las mezclas asfálticas se encuentran las siguientes:



- Finura: La cual permite ocupar espacios vacíos dejados por la parte granular, limitando así el incremento de uso del ligante asfáltico en la mezcla.
- Acción estabilizante frente al agua: El filler mineral reduce parcialmente la porosidad que presenta la mezcla por lo que aumenta la durabilidad que presenta la mezcla ante las acciones del agua en esta.
- Procedencia: Debido a que podemos encontrarla dentro de los agregados pétreos a emplear en el diseño.

(Rodríguez, 2004)

#### 2.2.4.3.1. Propiedades del filler mineral en las mezclas asfálticas.

- Irregularidad geométrica, siendo esta una propiedad que presenta el filler mineral, la cual influye en el contenido óptimo de asfalto, así como también a el comportamiento que tiene estas para resistir a la fatiga.
- De acuerdo a la caracterización físico – química, el filler mineral presenta una influencia en la intensidad de adsorción, ya que influyen en este proceso son la composición del asfalto, así como las propiedades del filler.
- El uso del filler en los diseños de una mezcla asfáltica, permite que estos aumenten su durabilidad. Siendo materiales como la cal hidratada, los que permiten que la mezcla asfáltica mejore su resistencia.

(Rodríguez, 2004)

#### 2.2.4.4. Mezclas Asfálticas Densas en Caliente

También conocidas como Concreto Asfáltico, estas mezclas están caracterizadas por presentar una granulometría bien graduada y con diferentes tamaños de partículas sólidas como gravas, arenas, finos, filler; las cuales son mezcladas con cemento asfáltico. Esta mezcla debe ser elaborada, extendida y compactada a altas temperaturas, las cuales varían entre los 140 °C como mínimo hasta los 180 °C aproximadamente, tomadas de acuerdo a la viscosidad que presenta el cemento asfáltico. Debido a la gradación de las partículas que la componen estas mezclas están caracterizadas por presentar un bajo contenido de vacíos, presentando volúmenes entre un 3% y 9%. Estas mezclas asfálticas por lo general pueden ser



empleadas en la conformación de cualquier subcapa dentro de una capa asfáltica. (Rondón Quintana & Reyes Liscano, 2015)

Ventajas de su uso:

- Son mezclas más durables en comparación con las mezclas asfálticas en frío, por lo tanto, son más resistentes al envejecimiento y a la oxidación.
- Debido a su bajo porcentaje de vacíos, presentan alta resistencia y rigidez.
- Impermeabilizando superficialmente el pavimento.

Desventajas de su uso:

- Debido a su bajo porcentaje de vacíos, la superficie no es la mejor para obtener buena fricción entre neumático y pavimento.
- Se generan láminas de agua en su superficie durante las lluvias, incrementando de esta manera la probabilidad del fenómeno del hidropneumático.
- Debido a su construcción a elevadas temperaturas, se hace difícil su manejo al ser extendidas y compactadas.
- Por su fabricación, genera un impacto negativo en el medio ambiente debido a que se elabora a temperaturas mayores de 140 °C (Rondón Quintana & Reyes Liscano, 2015).

#### 2.2.4.5. Diseño de Mezclas Asfálticas:

##### Método Marshall:

El concepto del método Marshall en el diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adiciona ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de mezclas.

El ensayo Marshall para mezclas asfálticas para pavimentación puede emplearse para proyecto en laboratorio y comprobación en obra de las mezclas que contienen betún asfáltico y áridos cuyo tamaño máximo no exceda de 1". Las principales características del ensayo son el análisis densidad-huecos y los ensayos de





estabilidad y fluencia sobre probetas de mezcla compactada (Asphalt Institute; 1992).

#### 1) Metodología. -

Se preparan probetas de 2 1/2" (6,35 cm) de espesor y 4" (10 cm) de diámetro, mediante procedimientos especificados, compactándolas por impacto. Se determinan la densidad y huecos de la probeta compactada, que a continuación se calienta a 60 °C para la realización de los ensayos Marshall de estabilidad y fluencia.

La probeta se coloca entre unas mordazas especiales y se carga imponiendo una deformación de 5 cm/min. La carga máxima registrada durante el ensayo, en libras, se designa como estabilidad Marshall de la probeta.

La deformación producida desde el principio de la aplicación de la carga hasta que ésta ha alcanzado su valor máximo es la fluencia de la probeta, que suele expresarse en centésimas de pulgada. Se prepara una serie de probetas con contenidos de asfalto variables por encima y por debajo del óptimo estimado, ensayándolas por el procedimiento que acabamos de describir. Usualmente se preparan tres probetas para cada contenido de asfalto.

Los datos así obtenidos se emplean para establecer el contenido de asfalto Óptimo de la mezcla y para determinar algunas de sus características físicas (Asphalt Institute; 1992).

#### 2) Procedimiento. –

Selección y Preparación del Agregado: Los procedimientos preliminares están enfocados hacia los agregados a utilizar, con el fin de definir sus características. Estos procedimientos incluyen secar el agregado, determinar su peso específico y realizar el análisis granulométrico.

- **Secado del Agregado:** El Método Marshall requiere que los agregados ensayados estén libres de humedad, tan práctico como sea posible. Una muestra de cada agregado a ser ensayado se coloca en una bandeja, por separado, y se calienta en un horno a temperatura de °C. Después de cierto tiempo la muestra caliente se pesa y se registra su valor.



La muestra se calienta por segunda vez y se vuelve a pesar y registrar su valor. Este procedimiento se repite hasta que el peso de la muestra permanezca constante después de dos calentamientos consecutivos, lo cual indica que la mayor cantidad posible de humedad se ha evaporado de la muestra.

- **Análisis Granulométrico por Vía Húmeda:** El análisis granulométrico por vía húmeda es un procedimiento usado para identificar las proporciones de partículas de tamaño diferente en las muestras de agregado.

La metodología Marshall usa una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, en la cual en la ordenada se encuentra el porcentaje de material que pasa cierta malla, y en la abscisa las aberturas de las mallas en mm, graficadas en forma logarítmica.

El análisis granulométrico por vía húmeda consta de los siguientes pasos:

- a) Cada muestra de agregado es secada y pesada.
- b) Luego cada muestra es lavada a través de un tamiz de 0.075mm, para remover cualquier polvo mineral que esté cubriendo el agregado.
- c) Las muestras lavadas son secadas siguiendo el procedimiento de calentado y pesado descrito anteriormente.
- d) El peso seco de cada muestra es registrado. La cantidad de polvo mineral puede ser determinada si se comparan los pesos registrados de las muestras antes y después del lavado.

- **Determinación del Peso Específico:** El peso específico de una sustancia es la proporción peso-volumen de una unidad de esta sustancia comparada con la proporción peso-volumen de una unidad igual al agua.

El peso específico de una muestra de agregado es determinado al comparar el peso de un volumen dado de agregado con el peso de un volumen igual al agua, a la misma temperatura.

El peso específico de la muestra seca de agregado establece un punto de referencia para medir los pesos específicos necesarios en la determinación de las proporciones agregadas, asfaltos y vacíos que van en el método de diseño.



3) Preparación de las muestras de Ensayo:

Las probetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimentación son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto.

4) Ensayos: Dentro de los ensayos a desarrollar dentro del método se encuentran:

a. Determinación del peso específico Total: El peso específico total de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos.

b. Ensayos de Estabilidad y Fluencia: El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla.

c. Análisis de Densidad y Vacíos: Una vez se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de probetas de prueba. El propósito del análisis es el de determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada.

5) Determinación del Contenido de Asfalto: A partir de los resultados obtenidos en las pruebas anteriores (Garnica Anguas, Delgado Alamilla, Gómez López, Alonso Romero, & Alarcón Orta, 2004).

#### 2.2.5. Método RICE (MTC E-508)

De acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016), el presente ensayo empleado para poder determinar el peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas para pavimento sin compactar. El peso específico teórico máximo y las densidades de las mezclas asfálticas para pavimentación son propiedades fundamentales cuyos valores son influenciados por la composición de la mezcla en términos de tipos y cantidades de agregados y materiales bituminosos.

Es un parámetro muy importante para determinar parámetros como:

- Cálculo de la absorción de ligante por los agregados.
- Volumen de vacíos en las mezclas asfálticas compactadas.
- Masa específica efectiva del agregado.
- Contenido efectivo de asfalto de la mezcla asfáltica.



Para el desarrollo del presente ensayo utilizaremos los siguientes equipos:

- Una balanza de precisión.
- Termómetro
- Equipo RICE
- Bomba de vacíos.
- Vibradora
- Equipo de Baño María
- Muestra

Para los cálculos se aplican las siguientes fórmulas:

$$Pe = \frac{A}{A - C}$$

Donde:

Pe:                   Peso Específico.

A:                    Peso de Muestra seca en el Aire (gr.).

C:                    Peso de Muestra en Agua (gr.).

Determinación con el picómetro a 25°C.

$$Pa = \frac{A}{A + D - E}$$

Donde:

Pa:                   Peso en el Aire.

#### 2.2.6. Normativa de calidad de materiales para Mezclas Asfálticas en Caliente

Existen parámetros establecidos para poder controlar la calidad que deben presentar los materiales a emplear dentro de las mezclas asfálticas en caliente. Estos se encuentran especificados en el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013”, también en la Norma Técnica CE. 010. Pavimentos Urbanos del RNE y en la American Society for Testing and Materials ASTM D 3515.

##### 2.2.6.1. Normativa según el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013”

###### 2.2.6.1.1. Requerimientos para Agregado Grueso:

La procedencia de los agregados pétreos deberá ser de la trituración de roca o grava o en su defecto de una combinación de ambas. Deberá presentar fragmentos limpios,



resistentes y durables, sin un exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Asimismo, estará libre de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que lleguen a impedir la adhesión con el cemento asfáltico. Manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para construcción EG - 2013 (2013).

Deberán cumplir con los requisitos especificados en la siguiente tabla.

Tabla N° 01: Requerimientos para los agregados gruesos para MAC.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTCE 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTCE 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTCE 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTCE 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTCE 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTCE 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTCE 206	1,0% máx.	1,0% máx.

\* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).

Asimismo, de acuerdo a la norma técnica CE.010 Pavimentos Urbanos, los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla N° 02: Requerimientos para los agregados gruesos para MAC.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Pérdida en Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	12 % máximo	10 % máximo
Pérdida en Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	18 % máximo	15 % máximo
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	40 % máximo	35 % máximo
Índice de Durabilidad	MTC E – 214 (1999)	35 % mínimo	
Partículas chatas y alargadas *	ASTM D – 4791 (1999)	15 % máximo	
Partículas fracturadas	MTC E – 210 (1999)	Según Tabla 12	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.021:2002	1,00 %	Según Diseño
Adherencia	MTC E – 519 (1999)	+ 95	

Fuente: Norma técnica peruana CE.010 pavimentos urbanos (2010).



Tabla N° 03: Requerimientos para Caras Fracturadas.

Tipos de Vías	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
Vías Locales y Colectoras	65/40	50/30
Vías Arteriales y Expresas	85/50	60/40

Nota: La notación "85/50" indica que el 85 % del agregado grueso tiene una cara Fracturada y que el 50 % tiene dos caras fracturadas.

Fuente: Norma técnica peruana CE.010 pavimentos urbanos (2010).

2.2.6.1.2. Requerimientos para Agregado Fino:

Este será constituido por arena triturada o una mezcla de esta con arena natural; siendo su proporción admisible establecida en el diseño aprobado correspondiente. Asimismo, estos deberán presentarse limpios, duros y con una superficie rugosa y angular. El agregado fino deberá estar libre de sustancias que impidan la adherencia con el cemento asfáltico.

Deberán cumplir con los requisitos especificados en la siguiente tabla.

Tabla N° 04: Requerimientos para los agregados finos para MAC.

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 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.° 200)	MTC E 111	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.

\*\*Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).

Asimismo, de acuerdo a la norma técnica CE.010 Pavimentos Urbanos, los agregados finos deben cumplir con los siguientes requerimientos:



Tabla N° 05: Requerimientos para los agregados finos para MAC.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	Según Tabla 13	
Angularidad del agregado fino	MTC E – 222 (1999)	Según Tabla 14	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E – 220 (1999)	4 % mínimo	6 % mínimo
Índice de Durabilidad	MTC E – 214 (1999)	35 mínimo	
Índice de Plasticidad	MTC E – 111 (1999)	Máximo 4	NP
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	MTC E – 205 (1999)	0,50 %	Según Diseño

Fuente: Norma técnica peruana CE.010 pavimentos urbanos (2010).

Tabla N° 06: Requerimientos del Equivalente de Arena.

Tipos de Vías	Equivalente Arena (%)
Vías Locales y Colectoras	45 mínimo
Vías Arteriales y Expresas	50 mínimo

Fuente: Norma técnica peruana CE.010 pavimentos urbanos (2010).

Tabla N° 07: Angularidad de Agregado Fino.

Tipos de Vías	Angularidad (%)
Vías Locales y Colectoras	30 mínimo
Vías Arteriales y Expresas	40 mínimo

Fuente: Norma técnica peruana CE.010 pavimentos urbanos (2010).



2.2.6.1.3. Requerimientos para el Cemento Asfáltico:

Su clasificación estará dada por su viscosidad absoluta y por su penetración. Las condiciones climáticas presente en las regiones determinará el empleo de los cementos asfálticos, correspondiente a la carta de viscosidad del cemento asfáltico. Para la selección del tipo de cemento asfáltico, deberá emplearse acorde a lo especificado en la siguiente tabla.

Tabla N° 08: Selección del tipo de cemento asfáltico.

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).

Asimismo, deberá cumplir con lo especificado en la siguiente tabla:

Tabla N° 09: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) <sup>(1)</sup>	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
<b>Ensayo de la Mancha (Oleinsies) <sup>(2)</sup></b>											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h</b>											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm <sup>(3)</sup>	MTC E 306			50		75		100		100	
(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.											
(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.											

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).

De acuerdo a la norma técnica CE.010 Pavimentos Urbanos, los grados de asfalto recomendados de acuerdo a las diferentes condiciones de temperatura son:





Tabla N° 10: Selección de Grado de asfalto según Temperatura.

Condición de Temperatura	Grados de Asfalto
Frío, temperatura media anual del aire $\leq 7$ °C	PEN 120/150, 85/100
Templado, temperatura media anual del aire entre 7 °C y 24 °C	PEN 85/100, 60/70
Caliente, temperatura media anual del aire $\geq 24$ °C	PEN 60/70, 40/50

Fuente: Norma técnica peruana CE.010 pavimentos urbanos (2010)

### 2.2.6.2. Gradación de los Agregados

La gradación de los agregados pétreos deberá ser ajustados a lo indicado en la tabla especificada en el Manual, siendo también empleado alternativamente la gradación especificada en la ASTM D 3515.

Tabla N° 11: Gradación de los agregados para MAC.

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

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).

La gradación especificada en la ASTM D 3515, corresponde a la siguiente tabla:

Tabla N° 12: Gradación de los agregados para MAC cerradas.

Abertura de malla	Mezclas cerradas / Mezcla densa								
	Tamaño máximo nominal del agregado								
	2" (50 mm)	1 1/2" (37,5 mm)	1" (25,0 mm)	3/4" (19D mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	No. 4 (4,75 mm)	No. 8 (2,36 mm)	No. 16 (1,18 mm)
Gradación de agregados (grava; fino y filler si se requiere) Porcentaje en peso									
2 1/2" (63 mm)	100 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-
2" (50mm)	90 - 100	100 - 100	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2" (37,5mm)	-	90 - 100	100 - 100	-	-	-	-	-	-
1" (25,0 mm)	60 - 80	-	90 - 100	100 - 100	-	-	-	-	-
3/4" (19 Dmm)	-	56 - 80	-	-	100 - 100	-	-	-	-
1/2" (12,5mm)	35 - 65	-	56 - 80	-	90 - 100	100 - 100	-	-	-
3/8" (9,5 mm)	-	-	-	56 - 80	-	90 - 100	100 - 100	-	-
No. 4 (4,75mm)	17 - 47	23 - 53	29 - 53	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100	-	100 - 100
No. 8 (2,36mm)	13 - 36	15 - 41	19 - 45	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100	-	95 - 100
No. 16 (1,18mm)	-	-	-	-	-	-	40 - 80	-	85 - 100
No. 30 (600 $\mu$ m)	-	-	-	-	-	-	35 - 65	-	70 - 95
No. 50 (300 $\mu$ m)	3 - 15	4 - 16	5 - 17	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40	-	45 - 75
No. 100 (150 $\mu$ m)	-	-	-	-	-	-	3 - 20	-	20 - 40
No. 200 (75 $\mu$ m)	0 - 5	0 - 6	1 - 7	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10	-	9 - 20
Asfalto, Porcentaje con respecto al peso total de la mezcla									
	2 - 7	3 - 9	3 - 9	4 - 10	4 - 11	5 - 12	6 - 12	7 - 12	8 - 12

Fuente: ASTM D-3515.



### 2.2.6.3. Normativa para las Mezclas Asfálticas

La calidad de las mezclas asfálticas estará dada de acuerdo a los parámetros o exigencias que refiere la norma para concretos bituminosos. Esto dependiendo del tipo de mezcla que se produzca.

Dichos parámetros están especificados en las siguientes tablas:

Tabla N° 13: Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso.

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
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" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		
1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos. 2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla. 3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible. 4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5. El Índice de Compactabilidad se define como: $\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 5}$ siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.			

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).

Tabla N° 14: Requisitos de Adherencia.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		< 3.000	> 3.000*
Adherencia (Agregado grueso)	MTC E 517	+95	-
Adherencia (Agregado fino)	MTC E 220	4 mín.**	-
Adherencia (mezcla)	MTC E 521	-	+95
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283	-	80 Mín.

\* Mayor a 3000 msnm y zonas húmedas ó lluviosas

\*\* Grado inicial de desprendimiento

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).

Tabla N° 15: Vacíos mínimos en el agregado Mineral (VMA).

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.º 8)	21	-
4,75 mm (N.º 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (½")	15	14
19,0 mm (¾")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 ½")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (2013).



### 2.2.7. Escorias de Hierro

La escoria de hierro se refiere a los residuos ya sean de alto horno, como también a los residuos y desechos producidos en los procesos de corte, lijado, esmerilado o soldadura de piezas de hierro. Dichos residuos pueden incluir pequeñas partículas de hierro, virutas, limaduras y otros fragmentos metálicos que se generan de las actividades de fabricación y reparación.

De acuerdo a la investigación realizada en la universidad de Medellín en el año 2017 poseemos a disposición dos tipos de escoria de acero, las de alto horno (BFS) y acero (SS). Ambos poseen propiedades químicas y físicas que los hacen aptos para ser utilizados en múltiples aplicaciones involucradas dentro del mundo de la construcción, mantenimiento y rehabilitación de carreteras (Rondón Quintana et al., 2017).

Figura N°06: Escoria de hierro



Fuente: Google.

#### 2.2.7.1. Propiedades de la Escoria de Hierro

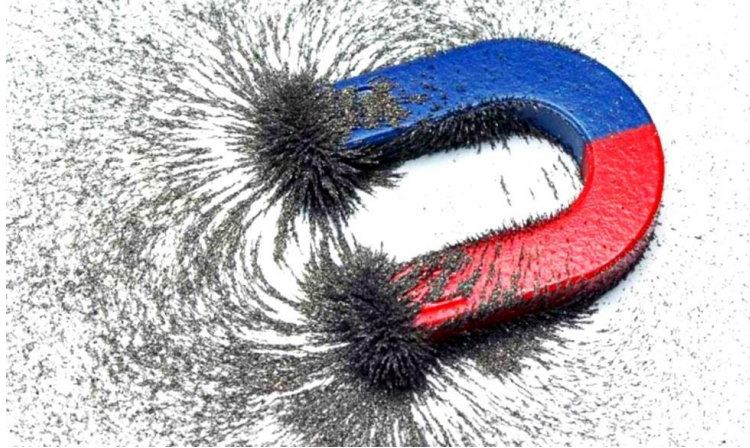
Dentro de las propiedades que presenta la escoria de hierro se tiene las siguientes:

- Posee una alta proporción de hierro debido a ser este su origen como subproducto del corte, lijado o soldadura de piezas de hierro.



- Dentro de su forma de partículas, la escoria de hierro puede presentarse en forma de partículas finas, virutas, limaduras o fragmentos más grandes, estas pueden presentar una forma irregular.
- La escoria de hierro tiende a ser magnética y fácilmente atraída por un imán, lo que puede ser de gran utilidad para su separación

Figura N°07: Propiedad magnética de la escoria de hierro.



Fuente: Google.

#### 2.2.7.2. Reciclado de Escoria de Hierro

Esta es considerada como un subproducto no deseado que debe gestionarse adecuadamente para minimizar los impactos ambientales. Existen algunas prácticas comunes para el manejo de la escoria de hierro en talleres mecánicos, dentro de las cuales están:

- a. **Recolección y Separación:** La cual puede realizarse empleando contenedores específicos o separadores magnéticos para capturar las partículas metálicas.
- b. **Reciclaje:** Puede ser procesada y convertida nuevamente en materia prima para la fabricación de elementos de hierro.
- c. **Disposición adecuada:** Si el reciclaje no es posible, tener una disposición adecuada de los materiales implica hacer entrega para su manejo a instalaciones de residuos autorizados

Dentro del reciclaje de la escoria de hierro, esta puede ser una práctica beneficiosa desde el punto de vista ambiental y económico, dentro de las diversas formas de realizar un reciclado a la escoria hierro:



- 1) **Reciclaje como Material de Construcción:** Dependiendo de la composición y las propiedades de la escoria de hierro, puede ser utilizada como material de construcción en diversas aplicaciones. Por ejemplo, la escoria de hierro se puede emplear como agregado en la fabricación de hormigón, como reemplazo de materiales o como relleno en obras civiles. Antes de utilizarla como material de construcción, es importante realizar pruebas para asegurarse de que cumple con los estándares de calidad y las especificaciones requeridas.
- 2) **Reciclaje en la Industria de Acero:** La escoria de hierro puede ser reciclada en instalaciones siderúrgicas como una fuente adicional de hierro. La escoria se puede utilizar como materia prima en el proceso de fabricación de acero, donde el hierro contenido en la escoria se recupera y se incorpora nuevamente en la producción de acero.
- 3) **Recuperación de metales:** Si la escoria de hierro contiene otros metales, como cobre, aluminio u otros, es posible realizar procesos de recuperación de metales mediante técnicas como la separación magnética, la separación por densidad o la fundición. Esto permite recuperar y reciclar los metales presentes en la escoria, evitando la necesidad de extraerlos de fuentes primarias.

#### 2.2.8. Ensayos de Materiales

Los materiales son una pieza clave dentro del diseño de una mezcla asfáltica en caliente, por ende, para cumplir con los estándares de calidad y parámetros normativos de nuestro medio es de vital importancia tomar de referencia los diferentes manuales avalados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC). Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se tomaron de base las especificaciones y reglas estipuladas en el Manual de Ensayos de Laboratorio y los tomados del reglamento ASTM y AASHTO.

##### 2.2.8.1. Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos (MTC E-204).

El objetivo de la MTC E-204 de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016), es de por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada determinar la distribución de partículas de una mezcla de agregado fino y grueso para determinar el cumplimiento de esta distribución de acuerdo a las especificaciones técnicas exigidas en el proyecto que estamos realizando y tener un control de calidad en la producción de



los agregados en cantera. Para el desarrollo del presente ensayo de laboratorio requerimos los siguientes equipos:

- Balanzas
  - Agregado Fino: Aproximación de 0.1g y sensibilidad a 0.1% del peso de la muestra.
  - Agregado Grueso: Aproximación de 0.5g y exactitud a 0.1% del peso de la muestra.
- Estufa.
- Tamices (pp 303-308).

#### 2.2.8.2. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino (MTC E-205).

Mediante el desarrollo del presente ensayo obtenemos el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y absorción después de 24 horas de los agregados finos, el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) nos indica que el peso específico es la característica del agregado utilizado para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que incluyen un conglomerante en su composición. Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido a la presencia del agua entre los poros de las partículas de los agregados en función a su composición en seco. los equipos utilizados para la obtención de los valores mencionados anteriormente son:

- Balanza con capacidad mínima de 1kg o más con sensibilidad de 0.1g.
- Estufa.
- frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad, calibrado.
- Molde cónico metálico
- Varilla de apisonado.

Para el procesamiento de los datos obtenidos mediante el procedimiento empleamos las siguientes fórmulas estipuladas en la norma mencionada.

$$\square\square\square = \frac{\square\square}{\square - \square\square} * 100$$

Donde:

Pem:           Peso Específico en Masa.

Wo:            Peso en el aire de la muestra secada en el horno.



V: Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>.  
Va: Volumen del agua añadida al frasco.

$$\square\square\square\square = \frac{500}{\square - \square\square} * 100$$

$$\square\square\square = \frac{\square\square}{(\square - \square\square) - (500 - \square\square)} * 100$$

$$\square\square = \frac{500 - \square\square}{\square\square} * 100$$

Donde:

Pess: Peso Específico de masa saturada con superficie seca.

Pea: Peso específico aparente.

Ab: Absorción (pp 309-311).

### 2.2.8.3. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (MTC E-206).

El Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) consiste en sumergir una muestra de agregado retenido en la malla N° 4, sumergido por 24 horas en agua para saturar sus poros esencialmente, posteriormente secar aparentemente la superficie de las partículas y pesarlo. Seguido la muestra se pesa mientras se encuentra sumergida en un canastillo. Finalmente obtenemos el último peso de la muestra secada en el horno por 24 horas. Para este procedimiento empleamos los siguientes equipos:

- Balanza, sensible a 0.5g y con capacidad de 5kg.
- Canastillo de malla de alambre.
- Contenedor de agua donde quede el canastillo de malla de alambre.
- Tamices superiores a la malla N° 4.
- Estufa.

Para el procesamiento de los datos obtenidos empleamos las siguientes fórmulas:

$$\square\square\square = \frac{\square}{\square - \square} * 100$$





Donde:

- Pem:           Peso Específico de Masa.  
A:             Peso en el aire de la muestra seca en gr.  
B:             Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire.  
C:             Peso en el agua de la muestra saturada.

$$\square\square\square\square\square = \frac{\square}{\square - \square} * 100$$

$$\square\square\square = \frac{\square}{\square - \square} * 100$$

$$\square\square = \frac{\square - \square}{\square} * 100$$

Donde:

- Pess:           Peso Específico de masa saturada con superficie seca.  
Pea:            Peso específico aparente.  
Ab:             Absorción (pp 312-314).

#### 2.2.8.4. Abrasión los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados (MTC E-207).

Este ensayo nos permite determinar el desgaste de los agregados mediante la máquina de Los Ángeles, El Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) nos indica que esta prueba no solo incluye desgaste, sino que el agregado será sometido a impacto y trituración conjuntamente. Al rotar el tambor de la máquina de los Ángeles se creará el efecto devastador conjunto de partículas, los ciclos que este realice determinarán el rendimiento de nuestro agregado en estudio. Los equipos empleados en el ensayo descrito son:

- Máquina de los Ángeles.
- Tamices.
- Balanza.
- Esferas de Acero en función a las características del Agregado (pp 315-328).





Tabla N° 16: Tabla de número de esferas a utilizar en Ensayo de Abrasión

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: El Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016)

$$\% \text{ Abrasión} = \frac{P_o - P_f}{P_o} * 100$$

Donde:

%Abrasión: Porcentaje de Abrasión.

Po: Peso inicial.

Pf: Peso final.

#### 2.2.8.5. Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso (MTC E-221).

Este ensayo se aplica a los agregados de origen natural o artificial, incluyendo los agregados ligeros y no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3mm Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016). El manual nos indica que este ensayo se aplica a todos los materiales pétreos sin excepción para conocer sus características físicas y la cohesión que puedan tener las partículas unas con otras. Los equipos para desarrollar este ensayo se describen a continuación:

- 01 Juego de Tamices.
- 01 Balanza.
- 01 Calibrador Metálico Ranurado.
- 01 Calibrador Metálico con Barras.
- 01 horno con temperatura mínima de 110 °C.
- 01 Cuarteador.

#### 2.2.8.6. Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso (MTC E-210).

El Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) estipula que el presente ensayo se desarrolla para determinar el porcentaje en masa o cantidad de las partículas fracturadas de una muestra de agregado de acuerdo a sus especificaciones requeridas.



Algunas especificaciones requieren porcentajes idóneos de partículas fracturadas para maximizar el esfuerzo cortante mediante el incremento de fricción interpartículas en la mezcla de agregados, por otro lado, se busca suministrar estabilidad a los tratamientos de superficies de agregados proporcionando fricción por la textura de los mismos. Los equipos requeridos para el desarrollo del presente ensayo de laboratorio son:

- Balanza de precisión con aproximación de 0.1% a la masa de muestra deseada.
- Tamices conforme a la ASTM E-11.
- Cuarteador.
- Espátula. (pp 337-342)

$$\%Retenido = \frac{Pe (gr.)}{Pt (gr.)} * 100$$

$$\%Fracturadas = \frac{Pf (gr.)}{Pe (gr.)} * 100$$

$$Promedio fracturadas = \%Fracturadas * \%Retenido$$

Donde:

Pe:           Peso Retenido (gr.).

Pt:           Peso Total de Muestra (gr.).

Pf:           Peso Partículas Fracturadas (gr.)

$$\% de una cara fracturada o dos o más = \frac{\sum Promediofracturadas}{\sum \%Retenido}$$

#### 2.2.8.7. Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato Magnesio (MTC E-209).

De acuerdo al El Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) la finalidad del presente ensayo es cuantificar la desintegración de los agregados sometidos a soluciones químicas saturadas como el sulfato de sodio y el sulfato de magnesio durante un periodo de exposición de 16h - 18h que cubran en su totalidad la muestra,



una vez transcurrido el tiempo señalado se saca la muestra y se somete a un periodo de secado en horno. Este proceso se repite el número de ciclos correspondiente a nuestro agregado. Este proceso nos permite modelar el comportamiento de los agregados a los efectos del intemperismo, sobre todo cuando no se tiene una información precisa sobre el comportamiento de los agregados a efectos atmosféricos actuales. Los equipos utilizados son:

- Tamices.
- Envases.
- Regulador de Temperatura.
- Balanzas.
- Horno de secado.
- Medidor de peso específico de las soluciones.
- Reactivos.
  - Sulfato de sodio.
  - Sulfato de magnesio (pp 329-334).

$$\square\square = P_o - P_f$$

$$\%Pe = \frac{Pe (gr.)}{P_o} * 100$$

Donde:

- |      |                                |
|------|--------------------------------|
| Pe:  | Pérdida de Peso.               |
| Po:  | Peso inicial.                  |
| Pf:  | Peso final.                    |
| %Pe: | Porcentaje de Pérdida de Peso. |

#### 2.2.8.8. Método de Ensayo Estándar Para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino (MTC E-114).

El Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) indica que este procedimiento se desarrolla como una prueba de correlación en campo, indicando bajo condiciones estándares las proporciones relativas de suelos arcillosos (plásticos) o todos aquellos pasantes el tamiz N° 4. Equivalente de Arena expresa que la parte de los suelos granulares y agregados finos resultan de mezclas de partículas gruesas deseables,



arena y arcillas de diferentes tamaños considerados indeseables en la mayoría de condiciones. Para la ejecución del presente ensayo de laboratorio requerimos los siguientes equipos de laboratorio:

- Equipo de Equivalente de Arena.
- Horno termostáticamente regulado a  $110 \pm 5$  °C.
- Agitador mecánico o manual para equivalente de arena.
- Lata de medición cilíndrica de 57mm de diámetro, con capacidad de  $85 \pm 5$  ml.
- Tamiz N° 4.
- Embudo de boca ancha.
- Agua destilada.
- Plátano plano.
- Reloj con lectura de minutos y segundos.
- Papel filtro (pp 80-90).

$$Se = \frac{Ls}{La} * 100 \text{ (rep. 3 veces)}$$

Donde:

Se: Equivalente de Arena.

Ls: Lectura de Arena.

La: Lectura de Arcilla.

#### 2.2.8.9. Determinación del Límite Líquido de los Suelos (MTC E-110).

De acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016), este procedimiento es necesario para poder conocer el comportamiento de los diferentes tipos de suelos ya que estos presentan propiedades que pueden ser utilizadas de forma individual o colectiva. Los límites líquido y plástico junto con el contenido de humedad nos pueden indicar la consistencia relativa de un tipo de suelo de acuerdo a sus componentes o características, tradicionalmente existen tres métodos empleados para la ejecución de este ensayo para suelos arcillosos. Para la ejecución del presente ensayo utilizaremos los siguientes equipos:

- Recipiente de porcelana.
- Cuchara de Casagrande.



- Acanalador.
- Calibrador.
- Pesa Filtros.
- Balanza con precisión de 0.01 g.
- Estufa.
- Agua Destilada.

$$LL = W^n * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

$$LL = kW^n$$

Donde:

LL: Límite Líquido.

N: Número de Golpes dados en Cuchara de Casagrande.

W<sup>n</sup>: Contenido de Humedad del Suelo.

K: Coeficiente de N.º de Golpes.

#### 2.2.8.10. Determinación del Límite de Plástico (L.P.) de los suelos e Índice Plasticidad (I.P.) (MTC E-111).

De acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016), el objetivo del ensayo MTC E-111 es determinar el límite plástico de un suelo y el cálculo de su índice correspondiente. Para la ejecución del presente ensayo de materiales se toma aproximadamente 20 g de la muestra de material que pase el tamiz N°40, amasando con agua hasta obtener una esfera con el material. La obtención de los valores mencionados anteriormente se utilizan los siguientes equipos de laboratorio:

- Espátula.
- Recipiente de almacenaje de porcelana o material similar.
- Balanza con precisión de 0.01 g.
- Horno termostáticamente regulado a 110 +/- 5 °C.
- Tamiz de 426 µm (N° 40).
- Agua destilada.
- Vidrio de reloj.



- Superficie de rodadura (pp 72-74).

$$LP = \frac{Pa}{Ph} * 100$$

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LP:	Límite Plástico.
Pa:	Peso de Muestra Saturada.
Ph:	Peso de Muestra Secada al Horno.
IP:	Índice de Plasticidad.
LL:	Límite Líquido

### 2.3. Marco Conceptual (Definición de Términos Básicos)

- Agregados Pétreos: Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos.
- Cemento Asfáltico: Es un componente cementante de color marrón oscuro a negro, cuyos componentes predominantes son los asfáltenos naturales obtenidos como residuos de la refinación del petróleo crudo.
- Escorias de Hierro: Residuo sólido (RS) proveniente del desgaste de elementos de hierro producto del desgaste ocasionado por herramientas destinadas al trabajo de soldadura eléctrica. Dicho residuo no posee una disposición final dentro del proceso de eliminación de RS por lo cual genera una acumulación del mismo en los diferentes talleres de mecánica.
- Granulometría: Se entiende como el procedimiento manual o mecánico que clasifica los agregados gruesos y finos de acuerdo a tamaños estandarizados mediante el uso de tamices.
- Mezcla Asfáltica: Son una combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico, empleadas en la construcción de pavimentos. Pudiendo ser elaboradas en plantas mezcladoras y en algunos casos in situ.



- Estabilidad: La estabilidad de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito.
- Flujo: Es la capacidad que presentan las mezclas asfálticas para resistir el asentamiento gradual y la deformación sin agrietarse.
- Parámetros Volumétricos: Son parámetros que están establecidos para conocer el porcentaje de vacíos presente en las mezclas asfálticas.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

- La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino, presenta mejores propiedades físico - mecánicas elaborada con agregados de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.

### 2.4.2. Hipótesis Específicas

- La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023, presenta mayor estabilidad y flujo.
- La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023, presenta un menor porcentaje de variación volumétrica.
- La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro reciclado en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023 presenta mayor peso unitario.
- La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro - Blanco - Cusco - 2023, presenta una mayor resistencia a la compresión.



2.5. Variable e Indicadores

2.5.1. Identificación de variables

Tabla N° 17: Tabla de variables.

<b>Variables</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>
<b>Independiente</b>	Escorias de Hierro	17%, 20%, 23% y 26% Respecto al Peso del Agregado Fino
<b>Dependientes</b>	Propiedades Físico Mecánicas	Estabilidad
		Flujo
		Parámetros Volumétricos
		Peso Unitario
		Resistencia a la Compresión
<b>Intervinientes</b>	Cemento Asfáltico	Adherencia del Ligante Penetración
	Agregados pétreos	Granulometría
		Equivalente de Arena
		Partículas Fracturadas
	Peso Unitario Suelto	

Fuente: Propia (2023).





2.5.2. Operacionalización de variable

Tabla N° 18: Tabla matriz de Operacionalización de variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES							
N°	Tipo	Variable	Concepto	Indicador	Unidad de Medida	Instrumentos de Toma de Datos	Equipos e Instrumentos de Ingeniería
1	Independiente	ESCORIAS DE HIERRO	Residuo sólido (RS) proveniente del desgaste de elementos de hierro producto del desgaste ocasionado por herramientas destinadas al trabajo de soldadura eléctrica. Dicho residuo no posee una disposición final dentro del proceso de eliminación de RS por lo cual genera una acumulación del mismo en los diferentes talleres de mecánica.	17%, 20%, 23% y 26% Respecto al Peso del Agregado Fino	%	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete	Balanza.
2	Dependientes	PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS	<p>Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. Así mismo, para garantizar un correcto comportamiento de los componentes de una Mezcla Asfáltica debemos supervisar los siguientes factores influyentes en sus propiedades físico-mecánicas:</p> <p>- Estabilidad: La estabilidad de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito.</p> <p>- Flujo: Deformación del espécimen al punto de máxima carga.</p> <p>- Peso Unitario: El peso unitario promedio para cada muestra se determina multiplicando el peso específico total de la mezcla por 1000 Kg/m<sup>3</sup></p> <p>- Parámetros Volumétricos: El porcentaje de vacíos se calcula a partir del peso específico total de cada probeta compactada y del peso específico teórico de la mezcla de pavimentación (sin vacíos).</p> <p>- Resistencia a la Compresión: Medir la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas compactadas, para usos con especímenes de lotes, mezclados, pesados y fabricados en laboratorio. Como también mezclados y fabricados en planta.</p>	Estabilidad	Fuerza (N)	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete (MTC E 504)	Juego de Tamices, Balanza, Molde de Compactación, Martillo de Compactación, Pedestal de Compactación, Papel Filtrante, Horno, Baño Termostático
				Flujo	Longitud (mm)	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete (MTC E 504)	Recipientes Metálicos, Termómetro, Parafina, Espátulas, Extractor de Muestra, Medidor de Deformación, Medidor de Estabilidad
				Peso Unitario	Peso (kg/m <sup>3</sup> )	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete (MTC E 514)	Balanza, Contenedor de agua adecuado para inmersión del espécimen.
				Parámetros Volumétricos	Porcentaje (%)	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete (MTC E 505)	Equipos miceláneos.
				Resistencia a la Compresión	Kilopascal (lb/pulg <sup>2</sup> )	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete (MTC E 513)	Máquina de prueba, pistones
3	Intervinientes	AGREGADOS PÉTREOS	Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos.	Características de los Agregados	Granulometría, Índice de Plasticidad, Peso específico y Absorción, Equivalente de arena, Abrasión Índice de aplanamiento y Alargamiento, Porcentaje de caras Fracturadas	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete (Manual de Ensayos de Materiales del MTC)	Balanza, Juego de tamices, horno, máquina de abaración de los ángeles, calibrador proporcional, picnómetro, bomba de vacíos, apisonador de metal, etc.
4		CEMENTO ASFALTICO 85/100	La ASTM define al cemento asfáltico como "un cementante de color marrón oscuro a negro en el que sus componentes predominantes son los asfáltenos que pueden ser naturales u obtenidos como residuo en la refinación del petróleo crudo.	Adherencia del Ligante	Índice de Adhesividad	Fichas de Laboratorio y Fichas de Procesamiento de Gabinete	Juego de Tamices, balanza, estufa, tubos de ensayo (12 tubos), reactivos.

Fuente: Propia (2023).



3. Capítulo III: Método  
3.1. Alcance del Estudio

Según Hernández Sampieri, el enfoque de nuestra investigación es cuantitativo ya que para las hipótesis presentadas es necesario recurrir a procesos numéricos y análisis de datos mediante procesos estadísticos, buscando de esta manera obtener los resultados de los ensayos para nuestros casos presentados.

El nivel o alcance de nuestra investigación de acuerdo a Hernández Sampieri es Correlacional, el cual tiene como fin conocer la relación que pueda existir entre dos o más variables dentro de una muestra; en el caso de nuestra investigación se presenta este caso debido a que evaluaremos la relación que existe entre nuestras variables con el fin de sustentar nuestras hipótesis planteadas.

El método de investigación aplicado para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación es el método hipotético deductivo, debido a que describe, explica y controla los procedimientos y decisiones para evaluar las hipótesis planteadas.

3.2. Diseño de investigación  
3.2.1. Diseño Metodológico:

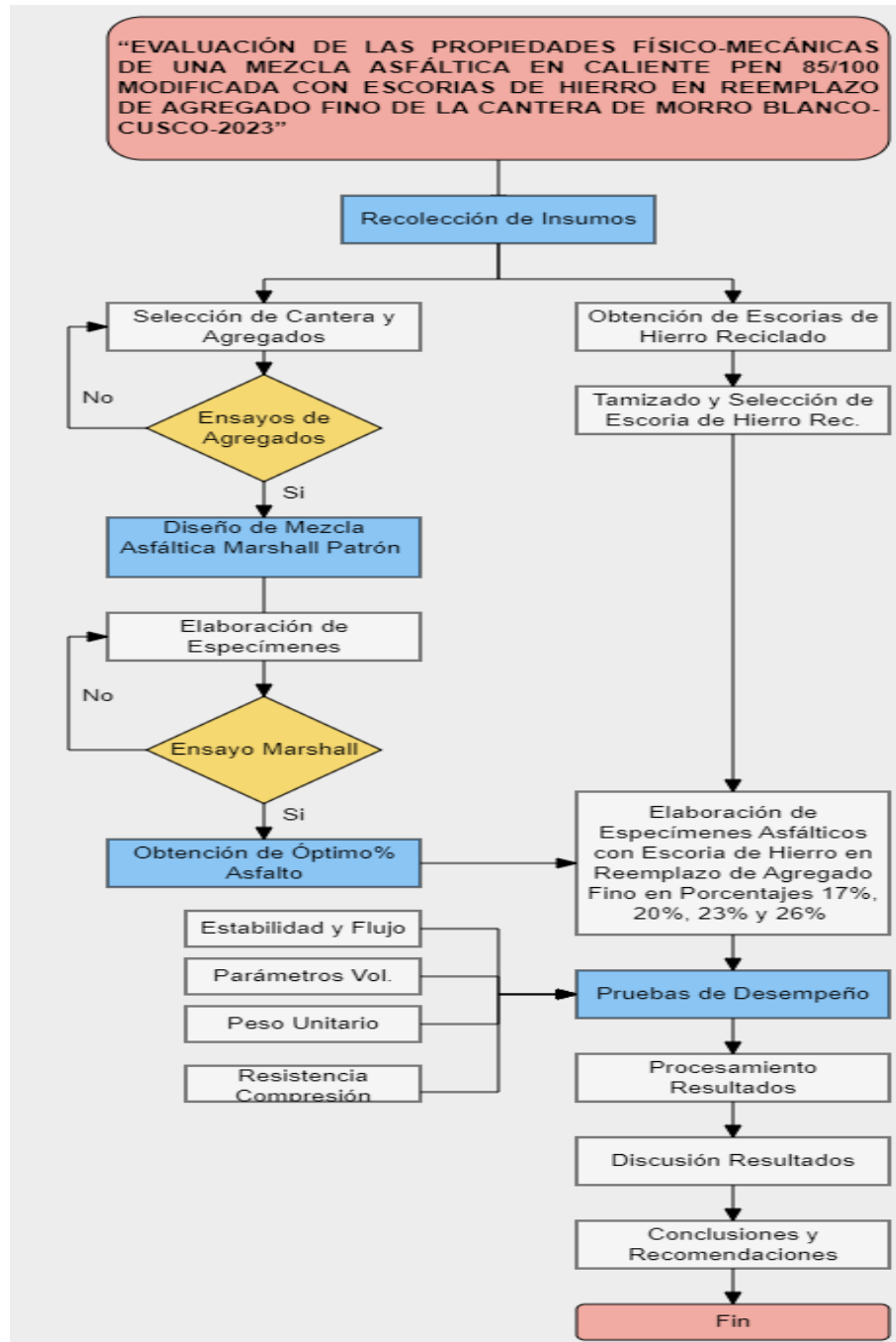
El diseño de nuestra investigación es Cuasiexperimental, ya que de acuerdo a Hernández Sampieri estos se refieren a estudios donde se intentan manipular de manera intencional al menos una variable independiente para así evaluar la consecuencia que pueda tener esta manipulación dentro de una o más variables dependientes, que a su vez de acuerdo a Hernández Sampieri, en dichos diseños los sujetos no son asignados al azar, sino los grupos ya están previamente conformados. En el caso de nuestra investigación se experimentará de manera intencional el empleo de residuos de escorias de hierro dentro de una mezcla asfáltica y de esta manera se evaluará su consecuencia de esta modificación dentro de las características físicas y el comportamiento mecánico que presentan las mezclas asfálticas. Esta evaluación se realizara de acuerdo a porcentajes ya definidos de escoria de hierro en reemplazo de agregado fino, siendo estos de 17%, 20%, 23% y 26%.



### 3.2.2. Diseño de Ingeniería

El proceso a desarrollar para el presente Trabajo de Investigación se detalla en el siguiente flujograma.

Figura N°08: Diagrama de flujo de proceso de ejecución de Proyecto de Tesis.





### 3.3. Población

#### 3.3.1. Descripción de la población

La población en función a nuestras variables posee un parámetro común entre sí, por lo cual, se tomó que la población que usaremos será la de mezclas asfálticas modificadas por el método Marshall.

#### 3.3.2. Cuantificación de la población

La cuantificación de nuestra población es de 100 especímenes, los cuales fueron elaborados mediante el método Marshall, considerando los parámetros que nos indica las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG – 2013, la cual establece una cantidad mínima de diseño de 3 especímenes por porcentaje a evaluar. De la misma manera, para poder determinar los valores de resistencia a la compresión se evaluaron 2 especímenes por cada porcentaje de diseño.

### 3.4. Muestra

La población de la presente investigación, estará comprendida por especímenes elaborados de acuerdo a la normativa vigente del Perú concernientes para la evaluación de mezclas asfálticas en caliente (briquetas de 2 y ½ pulgadas de espesor por 4 pulgadas de diámetro. Siendo la cantidad de especímenes calculados a partir de los diseños a realizados, considerando un diseño patrón y cuatro diseños a partir de la modificación de la mezcla con escoria de hierro reciclado. Para los cuales se considera 3 especímenes por cada contenido de cemento asfáltico a evaluar en los diferentes diseños. Asimismo, se evalúa la resistencia a la compresión a partir de 2 especímenes por cada contenido de asfalto presente en los diseños. Es así que se detalla nuestra población de acuerdo a:

#### **Mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 patrón:**

- 03 especímenes elaborados con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 5.5% para la mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).



- 02 espécimen elaborado con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 5.5% de mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.
- 03 especímenes elaborados con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6% para la mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).
- 02 espécimen elaborado con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6% de mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.
- 03 especímenes elaborados con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6.5% para la mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).
- 02 espécimen elaborado con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6.5% de mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.
- 03 especímenes elaborados con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 7% para la mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).
- 02 espécimen elaborado con Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 7% de mezcla patrón con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.

**Mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escoria de hierro:**

- 03 especímenes elaborados por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 5.5% modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).
- 02 espécimen elaborado por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 5.5% modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de



Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.

- 03 especímenes elaborados por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6% modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).
- 02 espécimen elaborado por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6 % modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.
- 03 especímenes elaborados por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6.5% modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).
- 02 espécimen elaborado por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 6.5% modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.
- 03 especímenes elaborados por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 7% modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo Marshall, Gravedad Específica BULK y Gravedad Teórica Máxima (método RICE).
- 02 espécimen elaborado por cada Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 con un contenido de asfalto de 7% modificada con 17%, 20%, 23% y 26% de Escoria de Hierro Reciclada con agregados de la cantera Morro Blanco - Para ensayo de Compresión Simple.

En total para el desarrollo del presente trabajo de investigación se elaborarán cien especímenes de asfalto (100 und).



Tabla N°19: Número de especímenes

NUMERO DE ESPECÍMENES				
DISEÑO	ENSAYO	% de Diseño		Número de Especímenes
		Cemento Asfáltico	Escoria de Hierro	
Mezcla Asfáltica Patrón	Diseño Marshall	5.5%	-	3
		6.0%	-	3
		6.5%	-	3
		7.0%	-	3
	Compresión Simple	5.5%	-	2
		6.0%	-	2
		6.5%	-	2
		7.0%	-	2
Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro en Reemplazo de Agregado Fino	Diseño Marshall	5.0%	17%	3
		5.5%	17%	3
		6.0%	17%	3
		6.5%	17%	3
	Compresión Simple	5.0%	17%	2
		5.5%	17%	2
		6.0%	17%	2
		6.5%	17%	2
	Diseño Marshall	5.0%	20%	3
		5.5%	20%	3
		6.0%	20%	3
		6.5%	20%	3
	Compresión Simple	5.0%	20%	2
		5.5%	20%	2
		6.0%	20%	2
		6.5%	20%	2
	Diseño Marshall	5.0%	23%	3
		5.5%	23%	3
		6.0%	23%	3
		6.5%	23%	3
	Compresión Simple	5.0%	23%	2
		5.5%	23%	2
		6.0%	23%	2
		6.5%	23%	2
Diseño Marshall	5.0%	26%	3	
	5.5%	26%	3	
	6.0%	26%	3	
	6.5%	26%	3	
Compresión Simple	5.0%	26%	2	
	5.5%	26%	2	
	6.0%	26%	2	
	6.5%	26%	2	
<b>TOTAL ESPECÍMENES</b>				<b>100</b>

Fuente: Propia.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleará el método Marshall, el cual será la técnica utilizada para el desarrollo de la presente investigación, a partir del cual se diseñarán los diseños de mezcla y se evaluarán respectivamente, tanto para el diseño de mezcla asfáltica patrón como para el de la mezcla asfáltica modificada con escoria de hierro.



En cuanto a los instrumentos de recolección de datos, el instrumento de mayor validez son las fichas de laboratorio, las cuales se usarán inicialmente para la determinación de nuestra curva granulométrica después de haber realizados los ensayos correspondientes a nuestros agregados pétreos, posteriormente para el diseño y análisis de las características físicas y comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica patrón y mezcla asfáltica modificada con escoria de hierro en reemplazo de agregado fino.

En cuanto a los instrumentos de ingeniería a emplear, se encuentran los equipos de laboratorio para el análisis de los agregados como también para el diseño Marshall, siendo el principal la máquina de estabilidad de Marshall con su anillo de carga, mediante el cual podremos determinar los resultados de flujo de mezclas bituminosas y la carga máxima. Como otro instrumento de ingeniería se emplea un software que nos facilitará el procesamiento de la información, este es el Microsoft Excel.





3.5.1. Instrumentos de Recolección de Datos.

- Análisis Granulométrico de Agregado Grueso (MTC E-204).

Tabla N°20: Formato de Recolección de Datos de Agregado Grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>CÓDIGO</b> GR - GR - AP	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 204</b>							
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"							
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CÉSAR AUGUSTO							
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L							
<b>FECHA:</b>								
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO						<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC							
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>								
<b>Malla</b>		<b>Peso ret (gr)</b>	<b>Peso ret corregido (gr)</b>	<b>% Peso Ret (E.)</b>	<b>% Peso Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Limites</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>A</b>	<b>D=A+(B-C)/3</b>	<b>D/C</b>	<b>F=E1+E2+...</b>	<b>100%-F</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
<b>TOTAL</b>								
<b>T.M.</b>								
<b>T.M.N.</b>								
<b>GRÁFICO</b>								
<b>CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO</b>								

Fuente: Propia







- Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (MTC E-205).

Tabla N°23: Formato Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>CÓDIGO</b> GR - PE	<b>PESO ESPECIFICO Y ABRSORCION DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206</b>					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO					
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L					
<b>FECHA:</b>						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>				
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-				
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABRSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>						
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Promedio</b>	
A	Peso de la muestra seca en el aire	gr.				
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.				
C	Peso en el agua de la muestra saturada	gr.				
Pem (A/(B-C))	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>				
PeSSS (B/(B-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>				
Pea(A/(A-C))	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>				
Ab (((B-A)/A)*100)	Absorción	%				
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>						
PESO ESPECIFICO DE LA MASA					gr/cm <sup>3</sup>	
ABSORCIÓN					(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño			(%)	
EG. 2013		1.00 % max.			(%)	
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia



- Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (MTC E-206).

Tabla N°24: Formato Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>CÓDIGO</b> GR - PE	<b>PESO ESPECIFICO Y ABRSORCION DEL AGREGADO FINO MTC E 205</b>		
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO		
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA:</b>			
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC		
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>			
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	
B	Peso del picnómetro con agua	gr	
C	Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración	gr	
D	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	
Pem (A/(B+D-C))	Peso específico de la masa	gr/cm3	
PeSSS (D/(B+D-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm3	
Pea (A/(B+A-C))	Peso específico aparente	gr/cm3	
Ab (((D-A)/A)*100)	Absorción	%	
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>			
PESO ESPECIFICO DE LA MASA			gr/cm3
ABSORCION			(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>			
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño	(%)
EG. 2013		0.5% max.	(%)
<b>OBSERVACION</b>			

Fuente: Propia



- Abrasión de los Ángeles (L.A) al Desgaste de los Agregados (MTC E-207).

Tabla N°25: Formato Abrasión del Agregado Grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>CÓDIGO</b>	ABRACION DEL AGREGADO GRUESO MTC E 207			
<b>GR - AB</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"			
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L			
<b>FECHA:</b>				
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC			
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>QUE PASA</b>		<b>RETENIDO SOBRE</b>		<b>GRADACION</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>B</b>
<b>TOTAL (A) B1+B2+...</b>				
<b>PESO RETENIDO EN EL TAMIZ N°12 (C.)</b>				
<b>N° DE ESFERAS</b>				
<b>N° DE REVOLUCIONES</b>				
<b>TIEMPO DE ROTACION</b>				
<b>PESO DEL MATERIAL DESGASTADO (D=A-C)</b>				
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>				
<b>% DE ABRASION - ENSAYO = (D/A)*100</b>				<b>(%)</b>
<b>REQUERIMIENTO</b>				
<b>CE.010 PAVIMENTOS URBANOS</b>		<b>35 % max.</b>		<b>(%)</b>
<b>EG. 2013</b>		<b>35 % max.</b>		<b>(%)</b>
<b>OBSERVACION</b>				

Fuente: Propia



- Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso (MTC E-221).

Tabla N°26: Formato Indice Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO GR - IAA</b>	<b>INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 201</b>						
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA:</b>							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC						
<b>INDICE DE ALARGAMIENTO</b>							
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS ALARGADAS		PROEMDIO G = F*D	
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA		
	TOTAL (C)				Rpt: H1=(G1+G2...)/C2		
<b>INDICE DE APLANAMIENTO</b>							
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS APLANADAS		PROEMDIO	
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA		
	TOTAL (C)				Rpt: H2=(G1+G2...)/C2		
<b>RESULTADOS</b>							
INDICE DE APLANAMIENTO							
INDICE DE ALARGAMIENTO							
<b>REQUERIMIENTO</b>							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS				10		%	
EG. 2013				10		%	
<b>OBSERVACION</b>							

Fuente: Propia



- Método de Ensayo Estándar Para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso (MTC E-210).

Tabla N°27: Formato Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>CODIGO</b> GR - PF	<b>ENSAYO DE PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS MTC E 210</b>					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO					
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L					
<b>FECHA:</b>						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC					
<b>CON UNA CARA FRACTURADA</b>						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = (B/A)*100$	D	$E = C*D$
TOTAL (C.)						
			PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURA ( $F1=C5/C4$ )			
<b>CON DOS A MAS CARAS FRACTURADAS</b>						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = (B/A)*100$	D	$E = C*D$
TOTAL (C.)						
			PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURAS ( $F2=C5/C4$ )			
<b>RESULTADOS</b>						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA						
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS						
<b>REQUERIMIENTO</b>						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA (C.010 PAV. URBANOS)					85%	
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS (C.010 PAV. URBANOS)					70%	
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia





- Durabilidad al Sulfato de Magnesio (MTC E-209).

Tabla N°28: Formato Durabilidad al Sulfato de Magnesio Del Agregado Grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>CODIGO GR - DU</b>	ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO					
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L					
<b>FECHA:</b>						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>				
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC					
<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO AL SULFATO DE MAGNESIO</b>						
TAMIZ	PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUESD EL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%) G=D*F
	A	B	D=(A/C)	gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	
				PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		
<b>RESULTADOS</b>						
PERDIDA TOTAL						(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS					15% max.	(%)
EG. 2013					15% max.	(%)
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia



Tabla N°29: Formato Durabilidad al Sulfato de Magnesio Del Agregado Fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>CODIGO GR - DU</b>	<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209</b>					
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO					
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L					
<b>FECHA</b>						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>				
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC					
<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA - AL SULFATO DE MAGNESIO</b>						
TAMIZ	PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
	A	B	D=(A/C)	gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	G=D*F
				PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		
<b>RESULTADOS</b>						
PERDIDA TOTAL						(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS					15% max.	(%)
EG. 2013					15% max.	(%)
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia



- Método de Ensayo Estándar Para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino (MTC E-114).

Tabla N°30: Formato Equivalente de Arena del Agregado Fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO GR-EQ</b>	<b>ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO MTC E 114</b>						
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO						
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA</b>							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC						
<b>EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL / ARENA TRITURADA</b>							
	<b>ARENA NATURAL</b>			<b>ARENA TRITURADA</b>			
<b>NUMERO DE MUESTRAS</b>	1	2	3	1	2	3	
<b>TIEMPO DE REPOSO</b>							
<b>TIEMPO DE IRRIGACIÓN</b>							
<b>TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN</b>							
<b>LECTURA ARCILLA</b>							
<b>LECTURA ARENA</b>							
<b>RESULTADOS PARCIALES</b>							
<b>PROMEDIO</b>							
<b>RESULTADOS</b>							
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL						(%)	
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA						(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS				50% mín.		(%)	
EG. 2013				70% mín		(%)	
<b>OBSERVACIÓN</b>							

Fuente: Propia



- Análisis Granulométrico de la Escoria de Hierro.

Tabla N°31: Formato Equivalente de Arena del Agregado Fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO</b> GR-GR-EH	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b>						
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA:</b>							
						<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	CUSCO						
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b>							
<b>Malla</b>		<b>Peso ret (gr)</b>	<b>Peso ret corregido (gr)</b>	<b>% Peso Ret</b>	<b>% Peso Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>						
<b>TOTAL</b>							
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>							
<b>GRÁFICO</b>							
<p style="text-align: center;"><b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b></p> <p style="text-align: center;">ABERTURA EN mm</p>							

Fuente: Propia



- Granulometría de Diseño Producto de la Combinación de Agregados.

Tabla N°32: Formato Combinación de Agregados

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
		COMBINACION DE AGREGADOS									
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"									
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO									
CANTERA:		MORRO BLANCO									
UBICACIÓN:		PISAC									
DATOS		AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA			AGREGADO FINO - ARENA NATURAL			
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO GRUESO	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	PORCENTAJE RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - AGREGADO GRUESO	PORCENTAJE RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA TRITURADA	PORCENTAJE RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA NATURAL	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	ESPECIFICACIONES - D4 - 3515		
		A - G	B - T	C - N	D	E	F	G			

Fuente: Propia



- Diseño de Mezcla Asfáltica Patrón.

Tabla N°33: Formato Diseño de Mezcla Asfáltica Patrón

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>CANTERA:</b>		MORRO BLANCO				
<b>UBICACIÓN:</b>		PISAC				
DATOS	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA		AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	
PESO DE LA MUESTRA						
PORCENTAJE DE ASFALTO						
% AGREGADO						
% AGREGADO GRUESO						
% AGREGADO FINO						
% COMBINADO						
PESO DEL AGREGADO						
PESO DEL ASFALTO						
PESO DEL AGREGADO						
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)						
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)						
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)						
PESO TOTAL						
AGREGADO GRUESO						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%

Fuente: Propia





- Gravedad Específica BULK de Cada Espécimen Compactado.

Tabla N°35: Formato Gravedad Específica Bulk de la Mezcla

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA								
NOMBRE DE LA TESIS	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTAS	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
LUGAR	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
FECHA									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.5%				6.0%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de espécimen seco	Wd (A)								
Peso del espécimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)								
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)								
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)								
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>								
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.5%				7.0%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de espécimen seco	Wd (A)								
Peso del espécimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)								
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)								
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)								
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>								

Fuente: Propia





- Gravedad Específica BULK y Aparente de la Combinación de los Agregados.

Tabla N°36: Formato Gravedad Específica Bulk de la Combinación de Agregados

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA								
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO								
	ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>Gravedad Específica Bulk y Aparente de la Combinación de Agregados</b>									
Agregados	Combinacion de Diseño	Combinacion en funcion de los Agregados	Combinacion en funcion del agregado fino	Combinacion en funcion del agregado grueso	Gravedad Especifica Bulk (Gsb)	Gravedad Especifica Aparente (Gsa)	Gravedad Especifica Bulk (Gsb)	Gravedad Especifica Aparente (Gsa)	Gravedad Especifica Efectiva del Agregado (Gse)
A.G.									
A.F. Arena Triturada									
A.F. Arena Natural									
$G_{sa} > G_{se} > G_{sb}$									

Fuente: Propia

- Determinar el Factor de Corrección de Estabilidad.

Tabla N°37: Formato Factor de Corrección de Estabilidad

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD			
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"			
TESISTAS	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO			
LUGAR	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.			
FECHA				
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra	F.C.	

Fuente: Propia



- Cálculo Parámetros Volumétricos de las mezclas asfálticas

Tabla N°38: Formato Cálculo Parámetros Volumétricos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>CÁLCULOS DE PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS</b>					
<b>MEZCLA ASFÁLTICA PATRÓN</b>					
<b>% DE ASFALTO</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VTM</b>	<b>VMA</b>	<b>VFA</b>	
<b>Promedio</b>					
<b>Promedio</b>					
<b>Promedio</b>					

Fuente: Propia



- Determinar Resultados de Ensayo Marshall (ASTM-1559).

Tabla N°39: Formato Ensayo Marshall para Mezcla Asfáltica Patrón

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>						
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla					
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla					
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente					
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk					
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk					
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado					
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)					
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)					
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento					
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)					
12	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041					
13	Va - VTM % De Vacios $(100 - (11/12) * 100)$					
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$					
15	VMA $(100 - ((11 * (100 - 1)) / 7))$					
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$					
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/12) - (1 - 4))$					
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 4(17 - 14) / 17 * 14)$					
19	% De Asfalto Efectivo $1 - ((18 * (2 + 3)) / 100)$					
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13) / 15)$					
21	Flujo (.01")					
22	Estabilidad (Kg)					
23	Factor de Estabilidad					
24	Flujo (cm)					
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22 * 23$					
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)				
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia



- Gravedad Específica BULK de la Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro en Reemplazo del Agregado Fino Compactada.

Tabla N°40: Formato Gravedad Específica Bulk de la Mezcla Asfáltica Modificada

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA								
NOMBRE DE LA TESIS	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTAS	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
LUGAR	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
FECHA									
Mezcla Modificada con Escoria de Hierro --%									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)								
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)								
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)								
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)								
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>								
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)								
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)								
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)								
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)								
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>								

Fuente: Propia



- Determinar Resultados de Ensayo Marshall (ASTM-1559) de Especímenes de Mezcla Asfáltica Modificada.

Tabla N°41: Formato Ensayo Marshall para Mezcla Asfáltica Modificada

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO				
	ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
FECHA:					
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>					
<b>Numero de Briquetas</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla				
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla				
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla				
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente				
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk				
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk				
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado				
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)				
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)				
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento				
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/(10-9))				
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041				
14	Va - VTM% De Vacios (100-(11/12)*100)				
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)				
16	VMA (100-((11*(100-1))/7)				
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(15-13)/15				
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/12)-(1-4))				
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*4(17-14)/17*14)				
20	% De Asfalto Efectivo 1-((18*(2+3))/100)				
21	VFA Vacios llenos con asfalto ((15.13)/15)				
21	Flujo (.01")				
22	Estabilidad (Kg)				
23	Factor de Estabilidad				
24	Flujo (cm)				
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23				
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1700 - 4000 (EG - 2013)				
<b>OBSERVACION</b>					

Fuente: Propia



3.5.2. Instrumentos de Ingeniería.

Tabla N°42: Instrumentos de Ingeniería a Emplear

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>INSTRUMENTOS DE INGENIERIA</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"			
<b>TESISTA</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO			
		<b>ENSAYO</b>	<b>EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS DE LAB.</b>	
<b>ENSAYOS PARA AGREGADOS PÉTREOS</b>	Granulometría de Agregado Grueso	Pala, Vara de Madera		
		Balanza de Precisión		
		Tamices 3/4", 1/2", 3/8", N° 04		
		Recipientes, Escobilla Metálicas		
	Índice de Aplanamiento y Alargamiento de Agregado Grueso	Juego de Tamices		
		Balanza de Precisión		
		Calibrador Metálico Ranurado y a Barras		
		Horno Eléctrico		
	Ensayo Estandar para la Determinación de Porcentaje de Partículas Fracturadas del Agregado Grueso	Cuartheador, Bandejas Metálicas		
		Balanza de Precisión		
		Juego de Tamices		
		Separador y Espátula		
	Peso Especifico y Absorción de Agregado Grueso	Balanza de Precisión		
		Estufa a Gas		
		Cesta de Malla de Alambre		
		Tamiz N°04		
	Granulometría de Agregado Fino	Pala, Vara de Madera		
		Balanza de Precisión		
		Tamices N°04, N°10, N°40, N°100, N°200, Fondo		
		Brochas, Recipientes y Escobilla Metálicas		
	Peso Especifico y Absorción de Agregado Fino	Balanza de Precisión		
		Estufa a Gas		
		Termometro		
		Frasco volumétrico, Molde Cónico, Varilla Apison.		
Ensayo Estandar para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino	Cilindro Graduado con su Apisonador			
	Tapón de Jebe, Tubo Irigado			
	Horno Eléctrico			
	Lata de Medición			
Abrasión de los Ángeles al Desgaste de Agregados	Máquina de Abrasión			
	Juego de Tamices			
	Juego de Esferas Metálicas			
	Balanza de Precisión			
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	Juego de Tamices y Envases			
	Regulador de Temperatura, Horno Eléctrico			
	Balanza de Precisión			
	Dosificador de Soluciones Químicas			
		Sulfato de Magnesio		





ENSAYOS PARA ESCORIA DE HIERRO	Granulometría de Escoria de Hierro Reciclado	Imanes
		Balanza de Precisión
		Tamices N°04, N°10, N°40, N°100, N°200, Fondo Brochas, Recipientes y Escobilla Metálicas
ENSAYOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA	Ensayo de Adherencia del Ligante Bituminoso al Agregado Grueso	Juego de Tamices
		Horno Eléctrico, Baño María
		Balanza de Precisión
		Cemento Asfáltico PEN 85/100
	Ensayo para Parámetros Volumétricos	Balanza de Precisión
		Cesta de Malla de Alambre
		Regla Métrica, Vemier
	Ensayo de Estabilidad y Flujo Marshall	Molde de Compactación, Soporte de Compactación
		Martillo de Compactación
		Espátula, Envases Metálicos
		Termómetro, Homo Eléctrico, Estufa a Gas
		Discos de Papel Filtro
		Extractor de Muestras Asfálticas Compactadas
		Máquina de Estabilidad y Dial de Deformación
	Ensayo de Peso Específico Teórico Máximo (RICE)	Maquina RICE, Recipiente RICE
		Bomba de Vacíos
		Termómetro
		Balanza de Precisión
	Ensayo de Compresión Simple	Regla Métrica, Vemier
		Máquina de Compresión Simple, Baño María
Láminas de Asbesto		

Fuente: Propia (2023).

### 3.5.3. Procedimiento de Recolección de Datos.

#### 3.5.3.1. Ensayo para Agregados Pétreos.

##### A. Análisis Granulométrico de Agregado Grueso (MTC E-204).

1ro se realizó la reducción de muestras de campo al tamaño requerido para el ensayo (Método B): Cuarteo de agregado grueso MTC E 103. Para lo cual empleamos los siguientes equipos de laboratorio:

- 01 Pala.
- 01 vara de madera (u otro material) para separar la muestra.

Figura N°09: Cantera de Agregados Morro Blanco, San Salvador, Calca, Cusco.



Fuente: Propia (2023).



2do para poder realizar el cuarteo se deposita el agregado deseado sobre una superficie limpia lisa, evitando que nuestro agregado entre en contacto con sustancias contaminantes. Procedimos a batir el agregado con ayuda de la pala para homogeneizar la muestra de agregado tomada de la cantera, para que la distribución de partículas sea uniforme.

3ro posteriormente proseguimos a dividir la muestra homogénea en cuatro partes iguales y escogemos las dos partes que posean similares características en las partículas que las componen, para unir las y considerarlas como nuestra muestra a someter a granulometría.

Figura N°10: Cuarteo de muestra de agregado Grueso.



Fuente: Propia (2023).

4to se separa la muestra de acuerdo a los pesos estipulados en el manual de ensayos de materiales del MTC (2016). Una delimitada la cantidad de material a someter en el ensayo de granulometría de agregado grueso proseguimos a realizar la granulometría propiamente con los siguientes equipos:

- Balanza de Precisión.
- Serie de tamices: 3/4", 1/2", 3/8", N° 04
- Recipientes metálicos.
- Brocha.
- Escobilla metálica.
- Pizarrón acrílico.





1ro previamente seleccionado el agregado por el cuarteo, de acuerdo al manual de ensayos de agregados de MTC.

Tabla N°43: Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.

Cantidad mínima de muestra de agregado grueso		
Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

2do para los fines de la presente investigación se utilizará un agregado con un tamaño máximo nominal de 1/2", para lo cual el Manual de Ensayos de Materiales del MTC recomienda tomar como mínimo 2 kg de agregado grueso para este ensayo. Por lo tanto, en la ejecución realizada se tomaron 9752 g.

3ro se vierte el agregado sobre el juego de tamices, sin saturarlos, aplicar un movimiento uniforme de tal manera que los agregados se distribuyan sobre el tamiz y vaya pasando por los siguientes conforme se va aplicando el movimiento. Para posteriormente separar el agregado retenido en recipientes independientes para luego usando la balanza de precisión pesarlos independientemente.

4to ya obtenidos los pesos retenidos de cada uno de los tamices detallados en el procedimiento anteriormente se prosigue a procesarlos en el formato de tablas mostrado a continuación para ser representados en una curva granulométrica que determine la distribución de partículas del agregado pétreo grueso.

Figura N°11: Tamizado Manual de Agregado Grueso.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°12: Partículas de Agregado Grueso Retenidas en los Tamices Normados.



Fuente: Propia (2023).

Toma de datos:

Tabla N°44: Toma de datos granulometría agregado grueso

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO								
Malla		Peso ret (gr)	Peso ret corregido (gr)	% Peso Ret (E.)	% Peso Acumulado	% Que pasa	Límites	
Tamiz	mm.	A	$D=A+(B-C)/3$	D/C	$F=E_1+E_2+\dots$	100%-F	Inferior	Superior
3/4"	19.050							
1/2"	12.700	723.75						
3/8"	9.525	559.47						
1/4"	6.350	382.69						
N° 4	4.760	90.24						
N° 8	2.360	243.85						
<b>TOTAL</b>		2000.00						
<b>T.M.</b>					3/4"			
<b>T.M.N.</b>					1/2"			

Fuente: Propia (2023).

B. Análisis Granulométrico de Agregado Fino: Arena Triturada y Arena Natural (MTC E-204).

Para se realizó la reducción de muestras de campo al tamaño requerido para el ensayo (Método B): Cuarteo de agregado fino MTC E 103. Para lo cual empleamos los siguientes equipos de laboratorio:

- 01 Pala.
- 01 vara de madera (u otro material) para separar la muestra.



Figura N°13: Extracción de Arena Natural Cantera Morro Blanco, Calca, Cusco.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°14: Extracción de Arena Triturada Cantera Morro Blanco, Calca, Cusco.



Fuente: Propia (2023).

2do para poder realizar el cuarteo se deposita el agregado independientemente, Arena Triturada y Arena Natural, sobre una superficie limpia lisa evitando que nuestros agregados entre en contacto con sustancias contaminantes. Procedimos a batir los



agregados independientemente con ayuda de la pala para homogeneizar las muestras de agregados tomadas de la cantera, para que la distribución de partículas sea uniforme.

3ro posteriormente proseguimos a dividir las muestras homogéneas en cuatro partes iguales y escogemos las dos partes que posean similares características en las partículas que las componen, para unir las y considerarlas como nuestra muestra a someter a granulometría.

4to se separa la muestra de acuerdo a los pesos estipulados en el manual de ensayos de materiales del MTC (2016). Una delimitada la cantidad de material a someter en el ensayo de granulometría de agregado grueso proseguimos a realizar la granulometría propiamente con los siguientes equipos:

- Balanza de Precisión.
- Serie de tamices: N° 04, N° 10, N°40, N° 100, N° 200, Fondo.
- Recipientes metálicos.
- Brocha.
- Escobilla metálica.
- Pizarrón acrílico.

1ro previamente seleccionado el agregado por el cuarteo, de acuerdo al manual de ensayos de agregados de MTC, para la ejecución del presente ensayo de granulometría de agregado fino se emplearon 1302.3 g de arena triturada y 1282.7 g de arena natural.

3ro se vierte el agregado sobre el juego de tamices, sin saturarlos, aplicar un movimiento uniforme de tal manera que los agregados se distribuyan sobre el tamiz y vaya pasando por los siguientes conforme se va aplicando el movimiento. Para posteriormente separar el agregado retenido en recipientes independientes para luego usando la balanza de precisión pesarlos independientemente.

4to ya obtenidos los pesos retenidos de cada uno de los tamices detallados en el procedimiento anteriormente se prosigue a procesarlos en el formato de tablas mostrado a continuación para ser representados en una curva granulométrica de agregado fino independientemente, arena triturada y arena natural para que determine la distribución de partículas del agregado pétreo fino.

Figura N°15: Partículas de Arena Triturada Retenidas en los Tamices Normados.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°16: Partículas de Arena Natural Retenidas en los Tamices Normados.



Fuente: Propia (2023).

Toma de datos:

Tabla N°45: Toma de datos granulometría arena triturada.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA						
Malla		Peso ret (gr)	Peso ret corregido (gr)	% Peso Ret (E.)	% Peso Acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.	A	D=A+(B-C)/3	D/C	F=E1+E2+...	100%-F
1/2"	12.700	0.00				
3/8"	9.525	0.00				
1/4"	6.350	3.00				
N° 4	4.760	116.30				
N° 8	2.360	394.90				
N° 10	2.000	63.70				
N° 16	1.190	151.80				
N° 30	0.600	130.50				
N° 40	0.420	61.80				
N° 50	0.300	65.40				
N° 80	0.180	29.40				
N° 100	0.149	101.00				
N° 200	0.074	46.80				
FONDO	-	137.70				
<b>TOTAL</b>		1302.30				
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.00				

Fuente: Propia (2023).





Tabla N°46: Toma de datos granulometría arena natural.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL						
Malla		Peso ret (gr)	Peso ret corregido (gr)	% Peso Ret (E.)	% Peso Acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.	A	$D=A+(B-C)/3$	D/C	$F=E1+E2+...$	100%-F
3/8"	9.525	4.70				
1/4"	6.350	1.10				
Nº 4	4.760	0.70				
Nº 8	2.360	3.90				
Nº 10	2.000	1.50				
Nº 16	1.190	20.40				
Nº 30	0.600	196.00				
Nº 40	0.420	339.50				
Nº 50	0.300	337.30				
Nº 80	0.180	241.00				
Nº 100	0.149	35.80				
Nº 200	0.074	48.40				
FONDO	-	52.40				
<b>TOTAL</b>		1282.70				
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.000				

Fuente: Propia (2023).

### C. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (MTC E-205).

1ro debemos comprender que la finalidad del desarrollo del presente ensayo de laboratorio estipulado en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC es para conocer el volumen ocupado por el agregado, en sus diferentes condiciones de saturación de poros, dentro de la mezcla asfáltica a desarrollar posteriormente.

2do para el desarrollo del presente ensayo MTC E-205 emplearemos los siguientes equipos de laboratorio, cabe resaltar que cada uno de ellos debe contar con la calibración pertinente y actualizada para obtener resultados verídicos y confiables.

- 01 Balanza de capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.1 g.
- 01 Estufa a gas.
- 01 Termómetro
- 01 Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad.
- 01 Molde cónico.
- 01 Varilla de apisonado.

3ro proseguimos a la preparación de la muestra a utilizar en el ensayo de Peso Específico y Absorción, acorde al método del cuarteo de la Norma MTC E-201 del Manual de Ensayo de Materiales, separamos una cantidad de muestra de agregado fino (arena triturada y natural) de 1000 g.



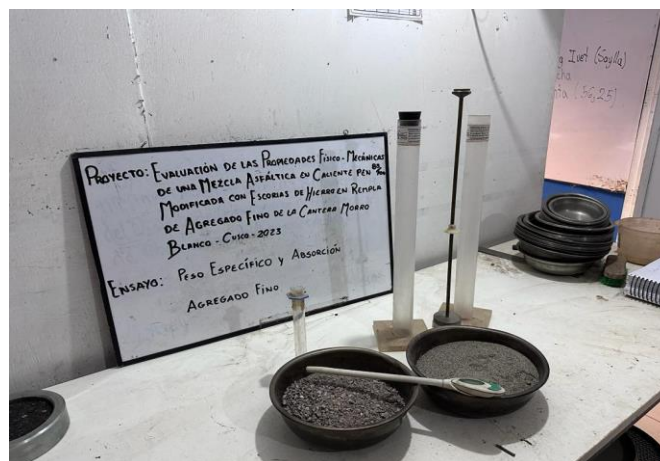
4to el agregado separado y secado en el horno por 24 horas a 110 °C, para perder todo indicio de humedad natural, deberá ser colocado en un recipiente y ser cubierto con agua para posteriormente reposar por 24 horas nuevamente. Una vez concluido el tiempo se deberá decantar la muestra evitando en lo posible perder finos, ser vertido sobre una superficie plana a temperatura ambiente, con un ingreso mínimo de brisa natural, para ser removido hasta que las partículas del agregado no se adhieran entre sí tan marcadamente. Colocar una porción de muestra en el molde cónico y apisonar con la varilla 25 veces para luego retirar el molde, debemos repetir el proceso desde remover el agregado a temperatura ambiente si es que la muestra conserva la forma cónica (ya que aún posee el agregado una humedad elevada) de desmoronarse al retirar el molde las condiciones de la muestra son las adecuadas para continuar con el ensayo.

5to introducir 500 g de la muestra dentro del frasco, llenar parcialmente con agua a temperatura de 23 °C hasta cubrir la marca de 500 cm<sup>3</sup>. Agitar uniformemente el frasco manual o mecánicamente para eliminar las burbujas de aire existentes, la norma MTC E-205 recomienda que el tiempo de agitación del frasco sea de 15 a 20 minutos si el proceso se realiza manualmente por otro lado si el proceso es mecánico deberá agitarse el tiempo estimado por el operador sin degradar la muestra. Al terminar de extraer las burbujas de aire se deberá ajustar la temperatura del frasco a 23 °C y rellenar con agua a temperatura mencionada hasta la capacidad calibrada y realizar la el pesado correspondiente para obtener el peso total del frasco más espécimen y agua.

6to remover el agregado del frasco y secarlo en estufa hasta tener un peso constante a 110 °C, enfriar a temperatura ambiente por 1 hora o ½ hora y determinar su peso.

Figura N°17: Equipos y Materiales para Peso Específico y Absorción de Agregado

Fino



Fuente: Propia (2023).



Toma de Datos:

Tabla N°47: Toma de datos Peso específico agregado fino

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valores
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	296.30
B	Peso del picnómetro con agua	gr	745.20
C	Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración	gr	930.80
D	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	300.00
Pem (A/(B+D-C))	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>	
PeSSS (D/(B+D-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>	
Pea (A/(B+A-C))	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	
Ab (((D-A)/A)*100)	Absorción	%	
RESULTADO DE DESGASTE			
PESO ESPECIFICO DE LA MASA			gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION			(%)
REQUERIMIENTO			
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño	(%)
EG. 2013		0.5% max.	(%)

Fuente: Propia (2023).

#### D. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (MTC E-206).

1ro al igual que para con el agregado fino la finalidad del desarrollo del presente ensayo de laboratorio estipulado en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC es para conocer el volumen ocupado por el agregado, en sus diferentes condiciones de saturación de poros, dentro de la mezcla asfáltica a desarrollar posteriormente.

2do para el desarrollo del presente ensayo MTC E-206 emplearemos los siguientes equipos de laboratorio, cabe resaltar que cada uno de ellos debe contar con la calibración pertinente y actualizada para obtener resultados verídicos y confiables.

- 01 Balanza de capacidad mínima de 5000 g mínimos y sensibilidad de 0.5 g.
- 01 Cesta de malla de alambre
- 01 Depósito de agua de diámetro superior al de la cesta de malla de alambre.
- 01 Tamiz N° 04.





3ro proseguimos a la preparación de la muestra a utilizar en el ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado Grueso, acorde al método del cuarteo de la Norma MTC E-201 del Manual de Ensayo de Materiales, seleccionamos todo material que pase el tamiz N° 04 para ser descartado del presente ensayo, proseguimos a lavarlo para eliminar el polvo u otras impurezas existentes sobre el. De acuerdo a las cantidades estipuladas en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) de acuerdo al tamaño máximo nominal de partículas la cantidad correspondiente a nuestra granulometría es de 2000 g.

4to Se deberá de secar la muestra al horno a una temperatura de 110 °C por 24 horas, una vez transcurrido este tiempo se deberá verter la muestra en un recipiente ajeno al utilizado en el horno y dejarlo ventilarse por 1 - 3 horas hasta que la superficie del agregado sea cómoda al tacto. Una vez obtenida la temperatura detallada anteriormente sumergirla en agua a temperatura ambiente inmediatamente por un periodo de 24 horas.

5to al transcurrir el periodo de tiempo de sumersión del agregado retirarlo y verter sobre un paño absorbente en una superficie lisa, moverlo hasta desaparecer toda película de agua visible, de tener partículas grandes con presencia de películas de agua secarlas independientemente. Se debe de ser cauteloso en este punto del procedimiento ya que debemos evitar la evaporación del agua durante el secado parcial descrito previamente. Pesar la muestra en esta condición Saturada Superficialmente Seca.

6to obtenido el peso de la condición Saturada Superficialmente Seca, se coloca la muestra Saturada Superficialmente Seca en el canasto de alambre para ser sumergido en el recipiente con agua para determinar su peso en condición Saturada en agua a temperatura de 23 °C, se debe remover toda el agua del contenedor de agua para tener valores adecuados y reales.

7mo retirar la muestra del depósito de agua y secarlo a peso constante a una temperatura de 100 °C y dejarla enfriar a temperatura ambiente durante 1 - 3 horas hasta que sea cómoda al tacto y realizar el pesado correspondiente.



Figura N°18: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°19: Muestra de Agregado Grueso para Ensayo de Peso Específico



Fuente: Propia (2023).



Toma de datos:

Tabla N°48: Toma de datos Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO					
Símbolo	Descripción	Unidad	1	2	Promedio
A	Peso de la muestra seca en el aire	gr.	2540.00	2625.00	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	2563.00	2650.00	
C	Peso en el agua de la muestra saturada	gr.	1593.40	1647.20	
Pem (A/(B-C))	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>			
PeSSS (B/(B-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>			
Pea(A/(A-C))	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>			
Ab (((B-A)/A)*100)	Absorción	%			
RESULTADO DEL ENSAYO					
PESO ESPECIFICO DE LA MASA					gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCIÓN					(%)
REQUERIMIENTO					
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño			(%)
EG. 2013		1.00 % max.			(%)

Fuente: Propia (2023).

E. Abrasión de los Ángeles (L.A) al Desgaste de los Agregados (MTC E-207).

1ro debemos preparar la máquina de abrasión (Los Ángeles), ya que esta debe de cumplir con las características esenciales que se estipulan en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016). Esta máquina consiste en un cilindro hueco de acero cerrado de ambos extremos con un diámetro interior 711 mm y la longitud interior de 508 mm, el cilindro tendrá una abertura para la introducción de la muestra dentro del cilindro de la máquina de abrasión. Así mismo, el cilindro deberá tener una cubierta hermética al polvo y también una tapa de la abertura emperrada que garantice la pérdida del polvillo del material. Los equipos detallados en el Manual de Ensayo de Materiales para la ejecución del ensayo de Abrasión son:

- 01 Máquina de Abrasión.
- 01 Juego de Tamices.
- 01 Balanza con exactitud de 0.1%.
- 01 Juego de Esferas Metálicas.

2do debemos de preparar la muestra conforme a las características de las partículas que ésta posea para ellos debemos lavar y secar la muestra por 24 horas a 110 °C, separar la



muestra de tal manera que cumpla o se asemeje a la gradación requerida en la tabla del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016)

Tabla N°49: Tabla de Gradación de Muestras de Ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (⅜")	6,3 mm (¼")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (N° 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

Tabla N°50: Tabla de Cantidad de Esferas para Ensayo de Abrasión

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

Para las condiciones del material pétreo empleado en la ejecución del presente trabajo de investigación se empleó 4584 g de material pétreo y una cantidad de 11 esferas metálicas acorde a lo detallado y exigido en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

3ro colocar la muestra en la máquina de abrasión, programando para velocidad de 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones, una vez concluido el procedimiento de abrasión debemos realizar el peso final.



Figura N°20: Preparación de la Máquina de Abrasión (Máquina de los Ángeles)



Fuente: Propia (2023).

Figura N°21: Inserción de Esferas Metálicas para el Ensayo de Abrasión



Fuente: Propia (2023).



Toma de datos:

Tabla N°51: Datos de Ensayo de Abrasión de los Ángeles al Desgaste de los Agregados.

ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
QUE PASA		RETENIDO SOBRE		GRADACION
Tamiz	mm.	Tamiz	mm.	B
1"	25.00	3/4"	19.05	
3/4"	19.05	1/2"	12.70	2500.20
1/2"	12.70	3/8"	9.53	2502.10
3/8"	9.53	1/4"	6.35	
1/4"	6.35	N° 4	4.76	
<b>TOTAL (A) B1+B2+...</b>				
<b>PESO RETENIDO EN EL TAMIZ N°12 (C.)</b>				3925.00
<b>N° DE ESFERAS</b>				11
<b>N° DE REVOLUCIONES</b>				500
<b>TIEMPO DE ROTACION</b>				15 min
<b>PESO DEL MATERIAL DESGASTADO (D=A-C)</b>				
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>				
$\% \text{ DE ABRASION - ENSAYO} = (D/A) * 100$				(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>				
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS			35 % max.	(%)
EG. 2013			35 % max.	(%)

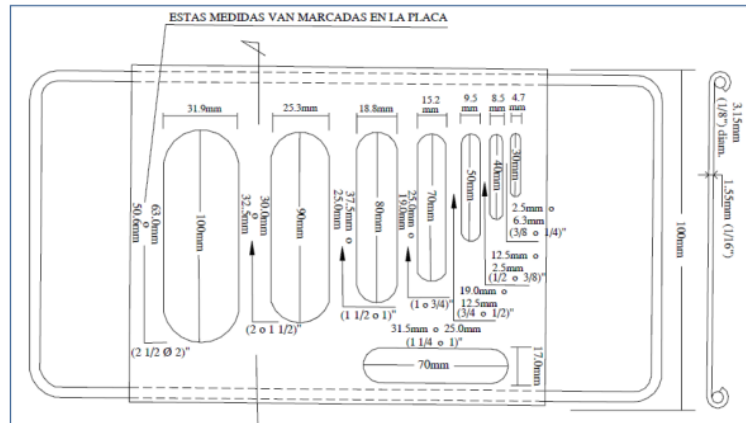
Fuente: Propia (2023).

F. Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso (MTC E-221).  
 Iro debemos considerar este procedimiento se realiza obligatoriamente a todos los agregados sin importar su origen (natural o artificial) siempre y cuando los tamaños de partículas no sean menores a 6.3 mm (1/4") o mayores a 63 mm (2 1/2"). Para la ejecución del presente ensayo requerimos los siguientes equipos de laboratorio:

- 01 Juego de Tamices.
- 01 Balanza.
- 01 Calibrador Metálico Ranurado.
- 01 Calibrador Metálico con Barras.
- 01 horno con temperatura mínima de 110 °C.
- 01 Cuarteador.
- Bandejas Metálicas.

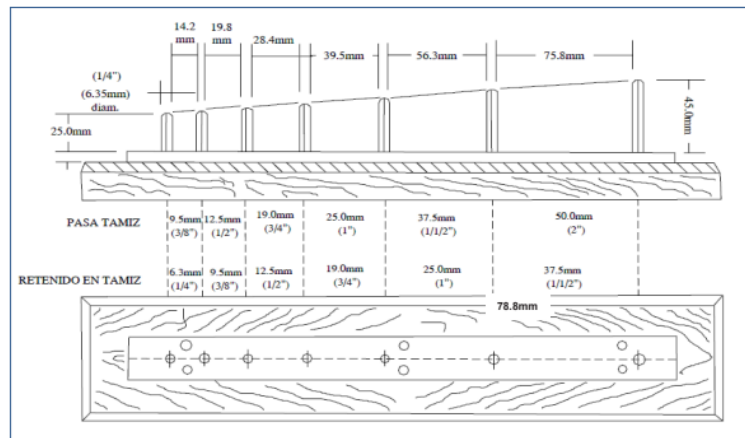


Figura N°22: Calibrador de Espesores



Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

Figura N°23: Calibrador de Longitudes



Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

2do la muestra a emplear en el presente ensayo se realiza por el método estipulado en la norma MTC E-201 del Manual de Ensayo Materiales del MTC (2016), en donde producto del cuarto se obtiene una muestra representativa obtenida a partir del tamaño máximo nominal de las partículas del agregado identificada en el siguiente cuadro.

Tabla N°52: Tabla de Cantidad de Muestra

TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO mm (pulg)		PESO MÍNIMO DEL MATERIAL PARA ENSAYO, TAMAÑO DEL AGREGADO ENTRE 63,0 mm (2 1/2") Y 6,3 mm (1/4") kg
mm	(Pulg)	kg
50,0	(2)	35
40,0	(1 1/2)	15
25,0	(1)	5
20,0	(3/4)	2
12,5	(1/2)	1
10,0	(3/8)	0,5

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).



3ro una vez obtenida la cantidad de agregado adecuada para la ejecución del ensayo proseguimos a secarla en el horno a 110 °C hasta peso constante y luego proseguimos a realizar el procedimiento de granulometría de material MTC E-204 con los límites detallados en el 1er paso obteniendo el (Pi). El porcentaje de peso retenido en dos tamices consecutivos de los utilizados en el ensayo se denomina peso (Ri).

4to para separar el material con forma aplanada de cada una de las fracciones del ensayo, se utiliza el Calibrador Metálico de Grosos. Para separar el material de forma alargada se utiliza el calibrador metálico de alargamiento.

Toma de datos:

Tabla N°53: Datos de Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso

INDICE DE ALARGAMIENTO						
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS ALARGADAS		PROEMDIO G = F*D
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466		33.5		
1/2"	3/8"	948		29.5		
3/8"	1/4"	300		11.6		
TOTAL (C)					Rpt: H1=(G1+G2...)/C2	
INDICE DE APLANAMIENTO						
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS APLANADAS		PROEMDIO
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466		28.3		
1/2"	3/8"	948		34.2		
3/8"	1/4"	300		14.6		
TOTAL (C)					Rpt: H2=(G1+G2...)/C2	

Fuente: Propia (2023).

### G. Método de Ensayo Estándar Para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso (MTC E-210).

1ro debemos preparar los equipos necesarios estipulados en en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016), los cuales son:

- 01 Balanza.
- 01 Juego de Tamices.
- 01 Separador.
- 01 Espátula.

2do para la selección de la muestra a ensayar se obtendrá mediante un cuarteo uniforme de acuerdo a la norma MTC E-201 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016). Una vez obtenido el Material deseado producto del cuarteo debemos secarla hasta el punto de poder observar una separación inminente entre el agregado grueso y fino en la operación del tamizado a través de la malla N° 04.





3ro un factor a tener en cuenta es que la masa de la muestra sea el correspondiente al que se detalla en la norma como se muestra a continuación, de modo que la partícula más grande (Tamaño Máximo Nominal) no represente más del 1% de la masa de la muestra.

Tabla N°54: Tabla de Cantidad de Muestra de Agregado MTC E-210

Tamaño Máximo Nominal Muestra de ensayo mínima mm (pulg.)	Abertura Cuadrada, mm (pulg.) Masa, g (aprox. lb.)
9,5 (3/8)	200 (0,5)
12,5 (1/2)	500 (1)
19,0 (3/4)	1 500 (3)
25,0 (1)	3 000 (6,5)
37,5 (1 1/2")	7 500 (16,5)
50,0 (2)	15 000 (33)
63,0 (2 1/2)	30 000 (66)
75,0 (3)	60 000 (132)
90,0 (3 1/2)	90 000 ( 198)

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

4to lavamos la muestra sobre el tamiz designado para obtener las partículas deseadas para el desarrollo del ensayo retirando cualquier material fino remanente y posteriormente secarlo a masa constante. Consideramos este peso constante como el inicial siempre y cuando no tengamos una variación de 0.1% de la masa original seca.

5to posteriormente extendemos el agregado sobre un paño y una superficie seca para luego realizar una clasificación visual en función a la similitud de la clasificación descriptiva presente en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016). Con ayuda de una espátula dividiremos las partículas existentes en dos categorías: partículas fracturadas basadas en el número de caras fracturadas requeridos en las especificaciones técnicas o en función al mínimo de caras fracturadas presente en nuestra muestra y partículas que no requieren el criterio no especificado.

Figura N°24: Partículas Fracturadas (Bordes Agudos, Superficies Rugosas)



Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

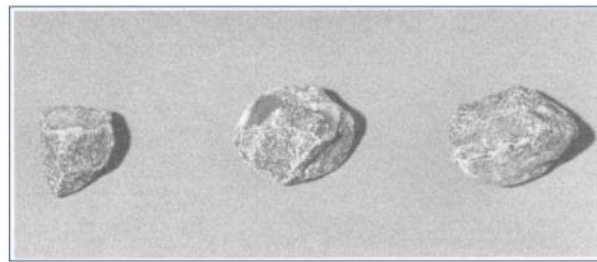


Figura N°25: Partículas Fracturadas (Bordes Agudos, Superficies Alisadas)



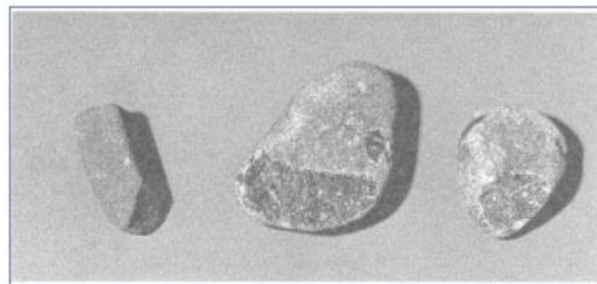
Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

Figura N°26: Partículas Fracturadas (Bordes Redondeados, Superficies Rugosa)



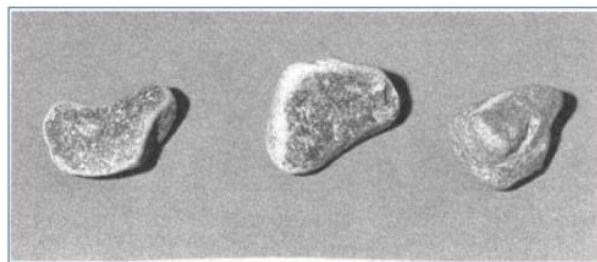
Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

Figura N°27: Partículas Fracturadas (Centro) Flanqueadas por dos Partículas no Fracturadas



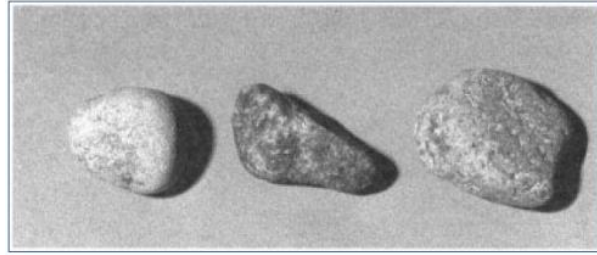
Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

Figura N°28: Partículas no Fracturadas (Bordes Redondeados, Superficie Alisadas)



Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016).

Figura N°29: Partículas no Fracturadas (Partículas Redondeados, Superficies Alisadas)



Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) (pp 337 - 342).

6to Determinar la masa o cantidad de partículas en la categoría de partícula fracturada y la masa de las partículas que no cumplan los criterios de la cara fracturada propiamente. Una vez determinados los pesos detallados proseguimos a procesar los cálculos.

Toma de datos:

Tabla N°55: Datos del ensayo Porcentaje de partículas fracturadas

CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = ((B/A)*100$	D	$E = C*D$
3/4"	1/2"	1920	60			
1/2"	3/8"	3251	74			
3/8"	1/4"	1425	35			
TOTAL (C.)						
			PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURA (F1=C5/C4)			
CON DOS A MAS CARAS FRACTURADAS						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = ((B/A)*100$	D	$E = C*D$
1/2"	3/8"	1920	1838			
3/8"	1/4"	3251	3158			
1/4"	N°4	1425	1376			
TOTAL (C.)						
			PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURAS (F2=C5/C4)			

Fuente: Propia (2023).



#### H. Durabilidad al Sulfato de Magnesio (MTC E-209).

Este ensayo de laboratorio se realiza para poder tener una idea de la reacción de los agregados a los efectos de la intemperie. De acuerdo a las especificaciones de la norma MTC E-209 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) los equipos y materiales requeridos para la ejecución del presente ensayo de laboratorio son los siguientes:

- 01 Juego de Tamices.
- 01 Juego de Envases.
- 01 Regulador de Temperatura.
- 01 Balanza.
- 01 Horno Eléctrico con Temperatura mínima de 110 °C.
- 01 Dosificador de Soluciones Químicas.
- Reactivos
  - Sulfato de Magnesio.

Para la muestra de agregado fino a someter en el presente ensayo será aquel que pasó por el tamiz normado de  $\frac{3}{8}$ "', posteriormente se somete a un proceso de tamizado a través de los tamices requeridos por la norma MTC E-209, para luego extraer una cantidad de 100 g de agregado retenido por tamiz.

Tabla N°56: Tabla de Muestra de Agregado Fino MTC E-209

Pasa el tamiz normalizado	Retenido sobre el Tamiz normalizado
600µm (N° 30)	300µm (N° 50)
1,18 mm (N° 16)	600µm (N° 30)
2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)
9,50 mm (3/8")	4,75 mm (N° 4)

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

2do para la determinación de la muestra de agregado grueso debemos descartar todo agregado pasante el tamiz N° 04 y someterlo al proceso que se realizó para la extracción del agregado fino.



Tabla N°57: Tabla de Muestra de Agregado Grueso MTC E-209

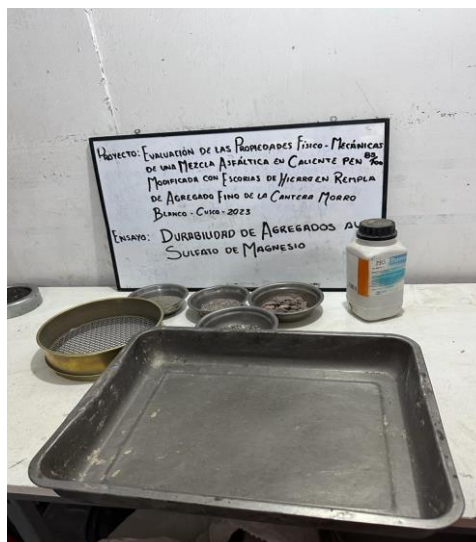
Tamaño (tamices normalizado de abertura cuadrada)	Peso en g
<b>Consistiendo de:</b>	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (N° 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ± 10
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ± 10
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 1/2") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	5 000 ± 300
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 1/2")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 1/2") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016)

3ro una vez obtenidas las cantidades necesarias para la ejecución del ensayo, proseguimos a lavarla y secarla al horno a 110 °C independientemente. Posteriormente las pesamos hasta conseguir una cantidad constante independientemente para luego desarrollar en la muestra el cálculo del Peso Específico Aparente Seco según las Normas E-205 y E-206 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

4to extendemos nuestros agregados sobre una bandeja y lo cubrimos con la solución de Sulfato de Magnesio, dejándolo actuar durante un día proseguimos a realizar la evaluación correspondiente, el proceso será repetido hasta poder observar un impacto considerable sobre las caras de las partículas de los agregados.

Figura N°30: Materiales y Equipos para Ensayo de Resistencia al Sulfato de Magnesio.



Fuente: Propia (2023).



Toma de datos:

Tabla N°58: Datos de Ensayo Durabilidad del agregado grueso al sulfato de magnesio

ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO AL SULFATO DE MAGNESIO							
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
					gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	
		A	B	D=(A/C)			G=D*F
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	675.4	655				
1/2"	3/8"	334.1	318				
3/8"	N°4	302.2	280				
					PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		

Fuente: Propia (2023).

Tabla N°59: Datos de Ensayo Durabilidad de agregado fino - Arena Triturada.

ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA - AL SULFATO DE MAGNESIO							
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
					gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	
		A	B	D=(A/C)			G=D*F
3/8"	N°4	161	146				
N°4	N°8	154	151				
N°8	N°16	154	151				
N°16	N°30	153	145				
N°30	N°50	161	157				
					PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°60: Datos de Ensayo Durabilidad de agregado fino - Arena Natural.

ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL - AL SULFATO DE MAGNESIO							
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
					gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	
		A	B	D=(A/C)			G=D*F
3/8"	N°4	164	142				
N°4	N°8	169	168				
N°8	N°16	166	166				
N°16	N°30	164	103				
N°30	N°50	160	136				
					PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		

Fuente: Propia (2023).

I. Método de Ensayo Estándar Para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino (MTC E-114).

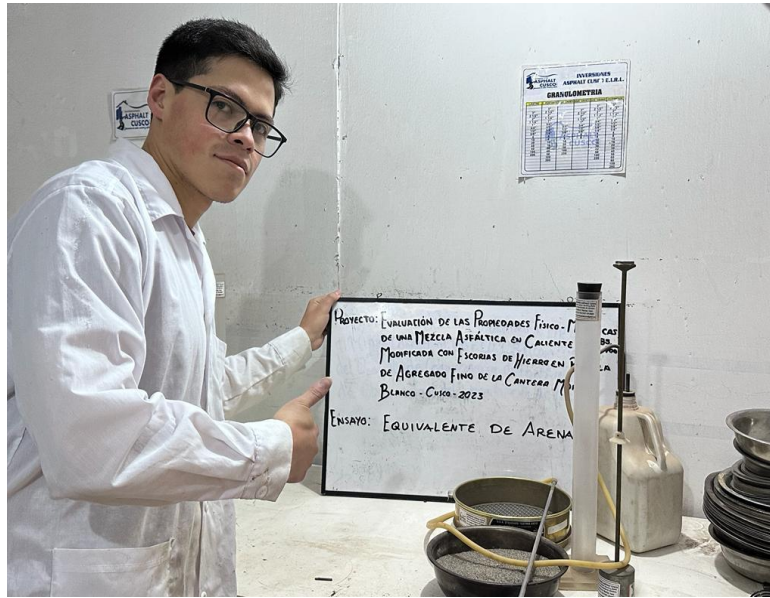
Uno de los propósitos de este ensayo es determinar la proporción de suelos arcillosos, plásticos y polvo de suelos granulares pasantes del tamiz N° 04 en condiciones estándares, de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) este ensayo es un método rápido de campo que nos indica de forma relativa la calidad de los materiales a emplear en los diferentes trabajos de ingeniería.

2do los equipos y materiales a emplear en el presente ensayo de laboratorio:

- 01 Cilindro Graduado.
- 01 Tapón de Jebe.
- 01 Tubo Irrigador.
- 01 Apisonador Ideal para los Cilindros Graduados.
- 01 Horno de 110 °C.
- 01 Agitador mecánico de Equivalente de Arena.
- 01 Lata de Medición.



Figura N°31: Ensayo de Equivalente de Arena.



Fuente: Propia (2023).

Toma de datos:

Tabla N°61: Datos de Ensayo de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino.

EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL / ARENA TRITURADA						
	ARENA NATURAL			ARENA TRITURADA		
NUMERO DE MUESTRAS	1	2	3	1	2	3
TIEMPO DE REPOSO	08:22	08:24	08:26	02:26	02:27	02:28
	08:32	08:34	08:36	02:36	02:37	02:38
TIEMPO DE IRRIGACIÓN						
TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN	08:34	08:36	08:38	02:38	02:42	02:44
	08:54	08:56	08:58	02:58	03:02	03:04
LECTURA ARCILLA	5.8	5.8	5.9	4.2	4.2	4.4
LECTURA ARENA	3.7	3.6	3.6	3.3	3.7	3.3
RESULTADOS PARCIALES						
PROMEDIO						

Fuente: Propia (2023).

#### J. Determinación del Límite Líquido de los Suelos (MTC E-110).

Para la ejecución del presente ensayo los equipos estipulados en la norma MTC E-110 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016):

- 01 Recipiente de porcelana de 115 mm de diámetro.
- 01 Cuchara de Casagrande.
- 01 Acanalador.
- 01 Calibrador.





- 01 Juego de recipientes.
- 01 Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- 01 Estufa.
- 01 Espátula.
- 01 Agua Destilada.

2do el Ensayo MTC E-110 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) nos permite evaluar el comportamiento ingenieril de los diferentes tipos de suelos para poder determinar si estos pueden ser aprovechables o empleados en los proyectos previstos.

3ro al preparar la muestra proveniente de los agregados a emplear en la elaboración de probetas de asfaltos se pudo determinar de que los materiales pétreos no presentan las propiedades necesarias para desarrollar el ensayo de Determinación de Límite Líquido de Suelos MTC E-110.

#### K. Determinación del Límite de Plástico (L.P) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I.P) (MTC E-111).

1ro el Ensayo de Determinación de Límite Líquido de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016), se desarrolla para conocer la humedad más baja con la cual un suelo con contenido arcilloso puede conservar formas tubulares de 3.2 mm elaboradas manualmente.

2do para la ejecución de este ensayo emplearemos los siguientes equipos y materiales estipulados en la norma:

- 01 Espátula.
- 01 Recipiente de almacenaje de porcelana o material similar.
- 01 Balanza con precisión de 0.01 g.
- 01 Horno termostáticamente regulado a  $110 \pm 5$  °C.
- 01 Tamiz de 426  $\mu\text{m}$  (N° 40).
- 01 Agua destilada.
- 01 Vidrio de reloj.
- 01 Superficie de rodadura

3ro al preparar la muestra proveniente de los agregados a emplear en la elaboración de probetas de asfaltos se pudo determinar que los materiales no presentan las propiedades necesarias para desarrollar el ensayo de Determinación Límite Plástico de Suelos e Índice de Plasticidad MTC E-111.



L. Análisis Granulométrico de la Escoria de Hierro.

Para ser realizado se realizó la recolección de la escoria de hierro reciclado proveniente de los talleres de mecánica y soldadura de vehículos pesados, siendo la cantidad determinada previamente en el diseño de mezcla asfáltica teórico. Para la recolección y segregación se utilizaron los siguientes equipos.

- 02 Imanes grandes.
- 01 Malla metálica con aberturas de 200 mm.

Figura N°32: Recolección de Escoria de Hierro de Talleres de Mecánica y Soldadura.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°33: Recolección de Escoria de Hierro de Talleres de Mecánica y Soldadura.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°34: Pesado de Escoria de Hierro Segregada con Malla de 200 mm de abertura.



Fuente: Propia (2023).

2do una vez recolectada la cantidad deseada más un pequeño porcentaje adicional, proseguimos a realizar el ensayo granulométrico de la escoria de Hierro reciclada de acuerdo a los parámetros estipulados en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) relacionadas para el ensayo granulométrico de agregado fino para lo cual se emplearon los siguientes equipos.:

- Balanza de Precisión.
- Serie de tamices: N° 04, N° 10, N°40, N° 100, N° 200, Fondo.
- Recipientes metálicos.
- Brocha.
- Escobilla metálica.
- Pizarrón acrílico.

3ro para la ejecución del presente ensayo de granulometría de escoria de hierro reciclado se emplearon 2500 g de muestra.

4to se vierte el material sobre el juego de tamices, sin saturarlos, aplicar un movimiento uniforme de tal manera que material se distribuya sobre el tamiz y vaya pasando por los siguientes conforme se va aplicando el movimiento. Para posteriormente separar el



material retenido en recipientes independientes para luego usando la balanza de precisión pesarlos independientemente.

5to ya obtenidos los pesos retenidos de cada uno de los tamices detallados en el procedimiento anteriormente se prosigue a procesarlos en el formato de tablas mostrado a continuación para ser representados en una curva granulométrica.

Figura N°35: Ensayo Granulométrico de Escoria de Hierro Reciclado.



Fuente: Propia (2023).

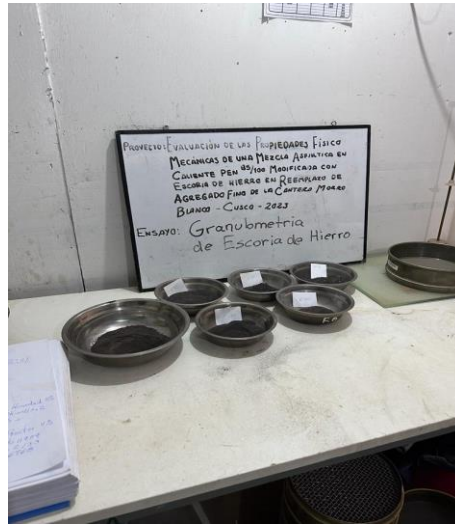
Figura N°36: Ensayo Granulométrico de Escoria de Hierro Reciclado.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°37: Ensayo Granulométrico de Escoria de Hierro Reciclado.



Fuente: Propia (2023).

Toma de datos:

Tabla N°62: Datos del Ensayo Granulometría de Escoria de Hierro.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO						
Malla		Peso ret (gr)	Peso ret corregido (gr)	% Peso Ret	% Peso Acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.					
N° 40	0.420	207.10				
N° 50	0.300	124.40				
N° 80	0.180	261.40				
N° 100	0.149	68.00				
N° 200	0.074	230.50				
FONDO	-	104.80				
<b>TOTAL</b>						
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>						

Fuente: Propia (2023).

### 3.5.3.2. Ensayos para el Diseño de Mezcla Asfáltica

#### A. Combinación Granulométrica de Agregados

Para el procedimiento de combinación de Agregados se requieren los siguientes equipos y materiales de acuerdo a los especificados en en el manual de ensayos de materiales del MTC (2016). Siendo los siguientes

- Balanza de Precisión
- Brocha
- Recipientes
- Juego de Tamices

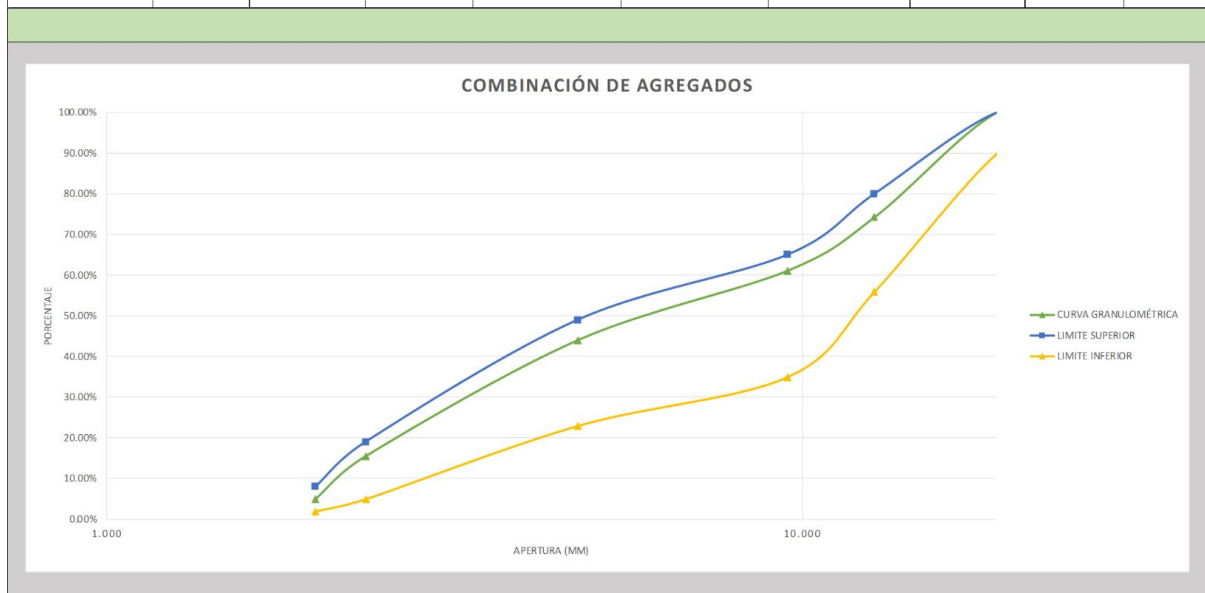


- Cucharón
- Escobilla metálica.

La combinación de agregados debe cumplir con las especificaciones dadas para la granulometría ASTM D3515.

Tabla N°63: Combinación de Agregados de acuerdo al diseño ASTM D3515

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		COMBINACION DE AGREGADOS										
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"										
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO										
CANTERA:		MORRO BLANCO										
UBICACIÓN:		PISAC										
DATOS		AGREGADO GRUESO			40.00%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA			40.00%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL		20.00%
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO GRUESO	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - AGREGADO GRUESO	RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA TRITURADA	RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA NATURAL	RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA NATURAL	RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA NATURAL	RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA NATURAL	RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA NATURAL	ESPECIFICACIONES - D4 - 3515
		A - G	B - T	C - N	D	E	F	G				
25.000	1"	100.00%	100.00%	100.00%	40.00%	40.00%	20.00%	100.00%	100%	100%		
19.050	3/4"	100.00%	100.00%	100.00%	40.00%	40.00%	20.00%	100.00%	90%	100%		
12.700	1/2"	63.81%	100.00%	100.00%	25.53%	40.00%	20.00%	85.53%				
9.525	3/8"	35.84%	100.00%	99.63%	14.34%	40.00%	19.93%	74.26%	56%	80%		
4.760	N° 4	12.19%	90.84%	99.49%	4.88%	36.34%	19.90%	61.11%	35%	65%		
2.360	N° 8	0.00%	60.52%	99.19%	0.00%	24.21%	19.84%	44.04%	23%	49%		
2.000	N° 16	0.00%	43.97%	97.48%	0.00%	17.59%	19.50%	37.08%				
0.600	N° 30	0.00%	33.95%	82.20%	0.00%	13.58%	16.44%	30.02%				
0.300	N° 50	0.00%	24.18%	29.44%	0.00%	9.67%	5.89%	15.56%	5%	19%		
0.149	N° 100	0.00%	14.17%	7.86%	0.00%	5.67%	1.57%	7.24%				
0.074	N° 200	0.00%	10.57%	4.09%	0.00%	4.23%	0.82%	5.05%	2%	8%		



Fuente: Propia (2023).



### Diseño de Mezcla Asfáltica Patrón

Para el diseño de mezcla, considerando la curva granulométrica de la combinación de agregados, se estima los pesos necesarios por cada tamiz tanto para el agregado grueso, para la arena triturada y la arena natural. Estos considerando los diferentes porcentajes de asfalto. Para el diseño se considera el peso de 1200 gr.

El diseño de la mezcla asfáltica patrón se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N°64: Diseño Mezcla Asfáltica Patrón

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
NOMBRE DE LA TESIS:		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"	
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA					
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO					
CANTERA:		ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO					
UBICACIÓN:		MORRO BLANCO					
		PISAC					
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%	
PESO DE LA MUESTRA			1200	1200	1200	1200	
PORCENTAJE DE ASFALTO			5.5%	6.0%	6.5%	7.0%	
% AGREGADO			94.5%	94.0%	93.5%	93.0%	
% AGREGADO GRUESO			37.80%	37.60%	37.40%	37.20%	
% AGREGADO FINO			56.70%	56.40%	56.10%	55.80%	
% COMBINADO			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
PESO DEL AGREGADO			1134.00	1128.00	1122.00	1116.00	
PESO DEL ASFALTO			66.00	72.00	78.00	84.00	
PESO DEL AGREGADO			1134.00	1128.00	1122.00	1116.00	
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)			453.60	451.20	448.80	446.40	
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)			453.60	451.20	448.80	446.40	
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)			226.80	225.60	224.40	223.20	
PESO TOTAL			1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	RETENIDO	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%		
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00		
1/2"	36.19%	164.15	163.28	162.41	161.54		
3/8"	27.97%	126.89	126.22	125.55	124.87		
1/4"	19.13%	86.79	86.34	85.88	85.42		
Nº 4	4.51%	20.47	20.36	20.25	20.14		
Nº 8	12.19%	55.30	55.01	54.72	54.43		
		453.60	451.20	448.80	446.40		
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA							
TAMIZ	RETENIDO	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%		
1/4"	0.23%	1.04	1.04	1.03	1.03		
Nº 4	8.93%	40.51	40.29	40.08	39.87		
Nº 8	30.32%	137.55	136.82	136.09	135.36		
Nº 10	4.89%	22.19	22.07	21.95	21.83		
Nº 16	11.66%	52.87	52.59	52.31	52.03		
Nº 30	10.02%	45.45	45.21	44.97	44.73		
Nº 40	4.75%	21.53	21.41	21.30	21.18		
Nº 50	5.02%	22.78	22.66	22.54	22.42		
Nº 80	2.26%	10.24	10.19	10.13	10.08		
Nº 100	7.76%	35.18	34.99	34.81	34.62		
Nº 200	3.59%	16.30	16.21	16.13	16.04		
FONDO	10.57%	47.96	47.71	47.45	47.20		
		453.60	451.20	448.80	446.40		
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL							
TAMIZ	RETENIDO	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%		
3/8"	0.37%	0.83	0.83	0.82	0.82		
1/4"	0.09%	0.19	0.19	0.19	0.19		
Nº 4	0.05%	0.12	0.12	0.12	0.12		
Nº 8	0.30%	0.69	0.69	0.68	0.68		
Nº 10	0.12%	0.27	0.26	0.26	0.26		
Nº 16	1.59%	3.61	3.59	3.57	3.55		
Nº 30	15.28%	34.66	34.47	34.29	34.11		
Nº 40	26.47%	60.03	59.71	59.39	59.08		
Nº 50	26.30%	59.64	59.32	59.01	58.69		
Nº 80	18.79%	42.61	42.39	42.16	41.94		
Nº 100	2.79%	6.33	6.30	6.26	6.23		
Nº 200	3.77%	8.56	8.51	8.47	8.42		
FONDO	4.09%	9.27	9.22	9.17	9.12		
		226.80	225.60	224.40	223.20		

Fuente: Propia (2023).



- Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino al 17%

Tabla N°65: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 17%

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 17% DE ESCORIA DE HIERRO				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		<b>"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"</b>				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHÉLO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>CANTERA:</b>		MORRO BLANCO				
<b>UBICACIÓN:</b>		PISAC				
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200	
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
% AGREGADO		91.8%	91.3%	90.8%	90.3%	
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%	
% AGREGADO FINO		53.77%	53.49%	53.20%	52.92%	
% ESCORIA HIERRO		3.23%	3.21%	3.20%	3.18%	
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
% ESCORIA HIERRO	17%					
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		38.76	38.56	38.35	38.15	
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		189.24	188.24	187.25	186.25	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
<b>AGREGADO GRUESO</b>						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41	
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55	
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88	
Nº 4	4.51%	20.57	20.47	20.36	20.25	
Nº 8	12.19%	55.60	55.30	55.01	54.72	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
<b>AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
1/4"	0.23%	1.05	1.04	1.04	1.03	
Nº 4	8.93%	40.72	40.51	40.29	40.08	
Nº 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09	
Nº 10	4.89%	22.30	22.19	22.07	21.95	
Nº 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31	
Nº 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97	
Nº 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30	
Nº 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54	
Nº 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13	
Nº 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81	
Nº 200	3.59%	16.39	16.30	16.21	16.13	
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
<b>AGREGADO FINO - ARENA NATURAL</b>						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/8"	0.37%	0.69	0.69	0.69	0.68	
1/4"	0.09%	0.16	0.16	0.16	0.16	
Nº 4	0.05%	0.10	0.10	0.10	0.10	
Nº 8	0.30%	0.58	0.57	0.57	0.57	
Nº 10	0.12%	0.22	0.22	0.22	0.22	
Nº 16	1.59%	3.01	2.99	2.98	2.96	
Nº 30	15.28%	28.92	28.76	28.61	28.46	
Nº 40	26.47%	50.09	49.82	49.56	49.30	
Nº 50	26.30%	49.76	49.50	49.24	48.98	
Nº 80	18.79%	35.56	35.37	35.18	34.99	
Nº 100	2.79%	5.28	5.25	5.23	5.20	
Nº 200	3.77%	7.14	7.10	7.07	7.03	
FONDO	4.09%	7.73	7.69	7.65	7.61	
		189.24	188.24	187.25	186.25	

Fuente: Propia (2023).





- Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino al 20%

Tabla N°66: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 20%

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
NOMBRE DE LA TESIS:		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 20% DE ESCORIA DE HIERRO					
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO					
CANTERA:		MORRO BLANCO					
UBICACIÓN:		PISAC					
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%	
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200		
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
% AGREGADO		91.2%	90.7%	90.2%	89.8%		
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%		
% AGREGADO FINO		53.20%	52.92%	52.64%	52.36%		
% ESCORIA DE HIERRO		3.80%	3.78%	3.76%	3.74%		
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
% ESCORIA HIERRO	20%						
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		45.60	45.36	45.12	44.88		
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		182.40	181.44	180.48	179.52		
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00		
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41		
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55		
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88		
N° 4	4.51%	20.57	20.47	20.36	20.25		
N° 8	12.19%	55.60	55.30	55.01	54.72		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
1/4"	0.23%	1.05	1.04	1.04	1.03		
N° 4	8.93%	40.72	40.51	40.29	40.08		
N° 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09		
N° 10	4.89%	22.30	22.19	22.07	21.95		
N° 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31		
N° 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97		
N° 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30		
N° 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54		
N° 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13		
N° 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81		
N° 200	3.59%	16.39	16.30	16.21	16.13		
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/8"	0.37%	0.67	0.66	0.66	0.66		
1/4"	0.09%	0.16	0.16	0.15	0.15		
N° 4	0.05%	0.10	0.10	0.10	0.10		
N° 8	0.30%	0.55	0.55	0.55	0.55		
N° 10	0.12%	0.21	0.21	0.21	0.21		
N° 16	1.59%	2.90	2.89	2.87	2.86		
N° 30	15.28%	27.87	27.72	27.58	27.43		
N° 40	26.47%	48.28	48.02	47.77	47.51		
N° 50	26.30%	47.96	47.71	47.46	47.21		
N° 80	18.79%	34.27	34.09	33.91	33.73		
N° 100	2.79%	5.09	5.06	5.04	5.01		
N° 200	3.77%	6.88	6.85	6.81	6.77		
FONDO	4.09%	7.45	7.41	7.37	7.33		
		182.40	181.44	180.48	179.52		

Fuente: Propia (2023).



- Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino al 23%

Tabla N°67: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 23%

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA 23% DE ESCORIA DE HIERRO					
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 8S/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO					
CANTERA:		MORRO BLANCO					
UBICACIÓN:		PISAC					
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%	
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200		
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
% AGREGADO		90.6%	90.2%	89.7%	89.2%		
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%		
% AGREGADO FINO		52.63%	52.35%	52.08%	51.80%		
% ESCORIA DE HIERRO		4.37%	4.35%	4.32%	4.30%		
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
% ESCORIA HIERRO	23%						
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		52.44	52.16	51.89	51.61		
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		175.56	174.64	173.71	172.79		
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
<b>AGREGADO GRUESO</b>							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00		
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41		
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55		
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88		
Nº 4	4.51%	20.57	20.47	20.36	20.25		
Nº 8	12.19%	55.60	55.30	55.01	54.72		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
<b>AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
1/4"	0.23%	1.05	1.04	1.04	1.03		
Nº 4	8.93%	40.72	40.51	40.29	40.08		
Nº 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09		
Nº 10	4.89%	22.30	22.19	22.07	21.95		
Nº 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31		
Nº 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97		
Nº 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30		
Nº 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54		
Nº 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13		
Nº 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81		
Nº 200	3.59%	16.39	16.30	16.21	16.13		
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
<b>AGREGADO FINO - ARENA NATURAL</b>							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/8"	0.37%	0.64	0.64	0.64	0.63		
1/4"	0.09%	0.15	0.15	0.15	0.15		
Nº 4	0.05%	0.10	0.10	0.09	0.09		
Nº 8	0.30%	0.53	0.53	0.53	0.53		
Nº 10	0.12%	0.21	0.20	0.20	0.20		
Nº 16	1.59%	2.79	2.78	2.76	2.75		
Nº 30	15.28%	26.83	26.68	26.54	26.40		
Nº 40	26.47%	46.47	46.22	45.98	45.73		
Nº 50	26.30%	46.17	45.92	45.68	45.44		
Nº 80	18.79%	32.99	32.81	32.64	32.46		
Nº 100	2.79%	4.90	4.87	4.85	4.82		
Nº 200	3.77%	6.62	6.59	6.55	6.52		
FONDO	4.09%	7.17	7.13	7.10	7.06		
		175.56	174.64	173.71	172.79		

Fuente: Propia (2023).



- Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino al 26%

Tabla N°68: Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Escoria de Hierro al 26%

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
NOMBRE DE LA TESIS:		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 26% DE ESCORIA DE HIERRO					
TESISTAS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 8S/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
CANTERA:		MORRO BLANCO					
UBICACIÓN:		PISAC					
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%	
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200		
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
% AGREGADO		90.1%	89.6%	89.1%	88.6%		
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%		
% AGREGADO FINO		52.06%	51.79%	51.51%	51.24%		
% ESCORIA DE HIERRO		4.94%	4.91%	4.89%	4.86%		
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
% ESCORIA HIERRO	26%						
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		59.28	58.97	58.66	58.34		
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		168.72	167.83	166.94	166.06		
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00		
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41		
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55		
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88		
Nº 4	4.51%	20.57	20.47	20.36	20.25		
Nº 8	12.19%	55.60	55.30	55.01	54.72		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
1/4"	0.23%	1.05	1.04	1.04	1.03		
Nº 4	8.93%	40.72	40.51	40.29	40.08		
Nº 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09		
Nº 10	4.89%	22.30	22.19	22.07	21.95		
Nº 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31		
Nº 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97		
Nº 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30		
Nº 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54		
Nº 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13		
Nº 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81		
Nº 200	3.59%	16.39	16.30	16.21	16.13		
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/8"	0.37%	0.62	0.61	0.61	0.61		
1/4"	0.09%	0.14	0.14	0.14	0.14		
Nº 4	0.05%	0.09	0.09	0.09	0.09		
Nº 8	0.30%	0.51	0.51	0.51	0.50		
Nº 10	0.12%	0.20	0.20	0.20	0.19		
Nº 16	1.59%	2.68	2.67	2.66	2.64		
Nº 30	15.28%	25.78	25.65	25.51	25.37		
Nº 40	26.47%	44.66	44.42	44.19	43.95		
Nº 50	26.30%	44.37	44.13	43.90	43.67		
Nº 80	18.79%	31.70	31.53	31.37	31.20		
Nº 100	2.79%	4.71	4.68	4.66	4.63		
Nº 200	3.77%	6.37	6.33	6.30	6.27		
FONDO	4.09%	6.89	6.86	6.82	6.78		
		168.72	167.83	166.94	166.06		

Fuente: Propia (2023).



## B. Elaboración de Especímenes

El proceso de elaboración de los especímenes para la mezcla asfáltica patrón como también para mezcla asfáltica modificada con escoria de hierro reciclado, están dados de acuerdo a lo indicado en la norma MTC E 504 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

Este proceso consiste en la combinación de los agregados a partir de los diseños obtenidos anteriormente junto al cemento asfáltico en las cantidades adecuadas. Las cuales después de su mezclado pasan por un proceso de compactación.

Los equipos y materiales necesarios son los siguientes:

- ❖ Molde ensamblado para especímenes: Moldes cilíndricos, placas de base y collarines de extensión.
- ❖ Martillo de Compactación
- ❖ Pedestal de Compactación
- ❖ Sostén de molde para espécimen
- ❖ Horno
- ❖ Cocina
- ❖ Recipientes
- ❖ Balanza
- ❖ Cucharones
- ❖ Espátulas para mezclado
- ❖ Termómetro
- ❖ Guantes
- ❖ Extractor de Especímenes

Procedimiento:

- Se calienta en el horno los agregados previamente separados, para las mezclas asfálticas modificadas con escoria de hierro se calienta de la misma manera la escoria previamente pesada según el diseño. La temperatura debe ser constante entre 110 °C y 150 ° C.
- De la misma manera se calienta el cemento asfáltico, en este caso el cemento asfáltico PEN 85/100 obtenido de la planta de asfalto de COPESCO. Es importante este paso para poder ser manejable el cemento asfáltico al momento del mezclado.
- Se colocan los moldes, placa base y collarín en el horno para que se calienten.



- Extraemos los agregados del horno y se pesa adicionando el cemento asfáltico. En el caso de las mezclas asfálticas modificadas, se pesa con la adición de la escoria de hierro reciclado según los diseños.
- Se procede con el mezclado manual del cemento asfáltico con los agregados hasta que se encuentren cubiertos totalmente, controlando la temperatura.
- Preparamos el molde y collarín en el pedestal de compactación, colocando en el fondo del molde el papel filtro.
- Pesamos la mezcla y la colocamos dentro de los moldes previamente preparados, seguidamente se apisona la mezcla 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces al interior. Cubriendo finalmente con papel filtro la cara superior de la mezcla.
- Se coloca el martillo compactador y se aplica el número de golpes requeridos para el diseño. Al ser un diseño para tráfico pesado se realizan 75 golpes.
- Terminado los 75 golpes, desmontamos el collarín y damos la vuelta para realizar 75 golpes en la otra cara del espécimen.
- Quitamos los moldes con muestra del pedestal y dejamos que enfríe hasta la temperatura ambiente.
- Ya fríos los especímenes, estos son retirados con ayuda del extractor de especímenes.
- Finalmente se codifica cada espécimen según el diseño.

**a. Elaboración de especímenes de asfalto en caliente – Mezcla Asfáltica Patrón.**

**Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica patrón con 5.5% de Asfalto:**

Figura N°38: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).





Figura N°39: Compactado y extracción de la mezcla patrón con 5.5 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica patrón con 6.0% de Asfalto:

Figura N°40: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 6.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°41: Compactado de la mezcla patrón con 6.0 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica patrón con 6.5% de Asfalto:

Figura N°42: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°43: Compactado de la mezcla patrón con 6.5 % de asfalto y enfriado de especímenes al aire libre.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°44: Especímenes extraídos de la mezcla patrón con 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica patrón con 7.0% de Asfalto:

Figura N°45: Pesado de agregados y cemento asfáltico al 7.0 % previo al mezclado.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°46: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 7.0% de asfalto y colocado en molde.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°47: Enfriado al aire libre de especímenes con 7.0% de asfalto.



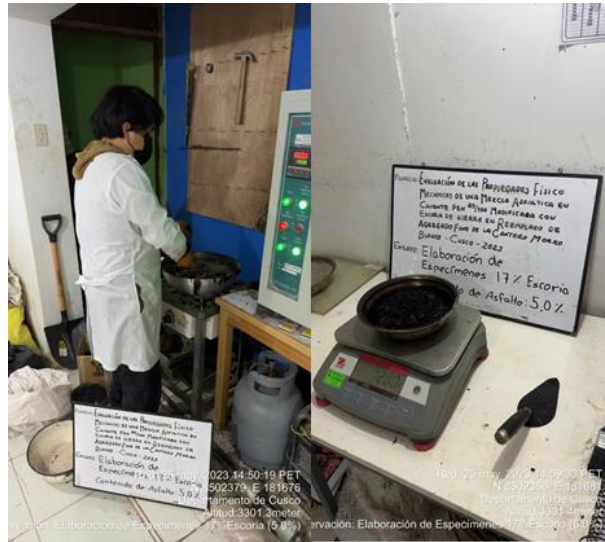
Fuente: Propia (2023).

**b. Elaboración de especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 17% de escoria hierro.**

Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 17% de escoria de hierro y con 5.0% de Asfalto:

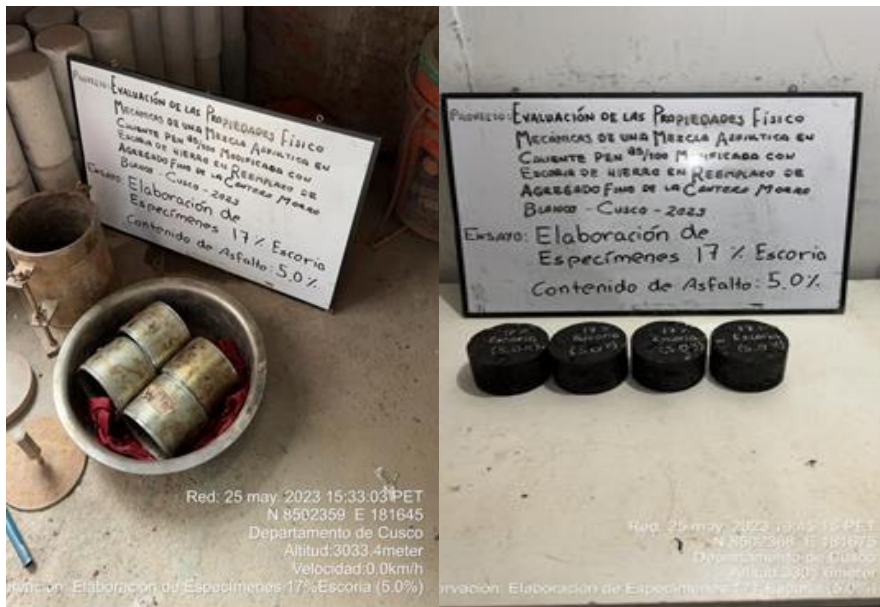


Figura N°48: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 17% de escoria de hierro y 5.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°49: Enfriado al aire libre de especímenes elaborados con 17% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 17% de escoria de hierro y con 5.5% de Asfalto:

Figura N°50: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 17% de escoria de hierro y con 5.5 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°51: Especímenes extraídos elaborados con 17% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 17% de escoria de hierro y con 6.0% de Asfalto:

Figura N°52: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 17% de escoria de hierro y con 6.0 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°53: Extracción de especímenes elaborados con 17% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 17% de escoria de hierro y con 6.5% de Asfalto:

Figura N°54: Control de peso previo al compactado de la mezcla elaborada con 17% de escoria de hierro y con 6.5 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°55: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 17% de escoria de hierro y con 6.5 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°56: Especímenes extraídos elaborados con 17% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto.

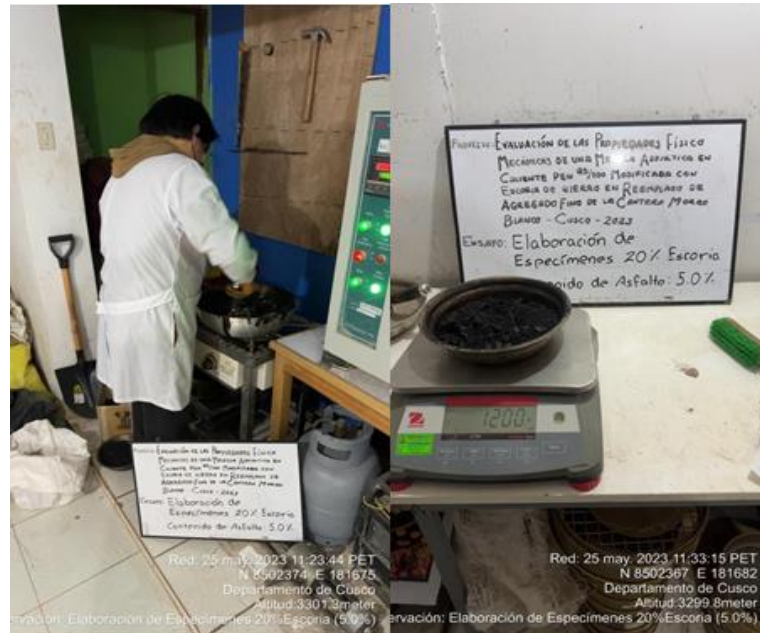


Fuente: Propia (2023).

**c. Elaboración de especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 20% de escoria hierro.**

Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 20% de escoria de hierro y con 5.0% de Asfalto:

Figura N°57: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 20% de escoria de hierro y 5.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°58: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 20% de escoria de hierro y con 5.0 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 20% de escoria de hierro y con 5.5% de Asfalto:

Figura N°59: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 20% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°60: Extracción de especímenes elaborados con 20% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto.



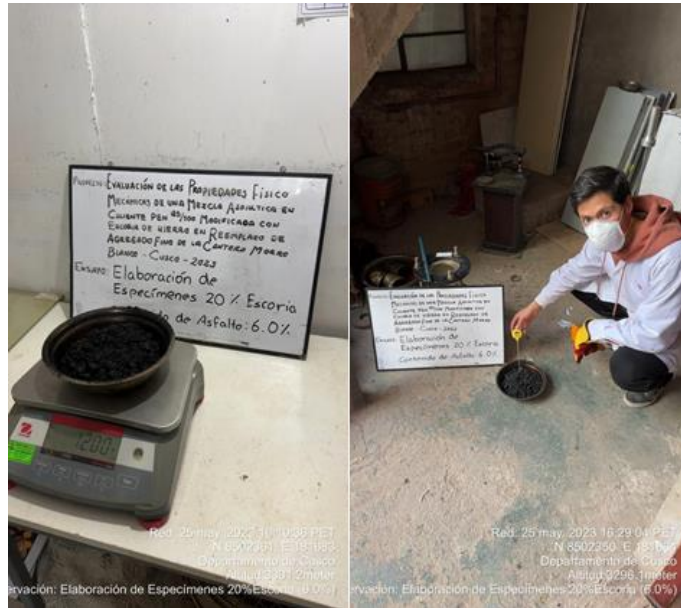
Fuente: Propia (2023).





Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 20% de escoria de hierro y con 6.0% de Asfalto:

Figura N°61: Control de peso y temperatura previo al compactado de la mezcla elaborada con 20% de escoria de hierro y con 6.0 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°62: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 20% de escoria de hierro y con 6.0 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).





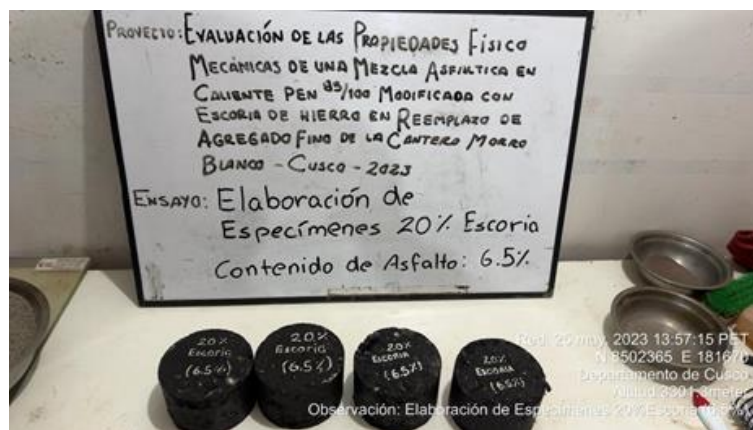
Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 20% de escoria de hierro y con 6.5% de Asfalto:

Figura N°63: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 20% de escoria de hierro y 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°64: Especímenes extraídos elaborados con 20% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



**d. Elaboración de especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 23% de escoria hierro.**

Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 23% de escoria de hierro y con 5.0% de Asfalto:

Figura N°65: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 23% de escoria de hierro y con 5.0 % de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°66: Especímenes extraídos elaborados con 23% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 23% de escoria de hierro y con 5.5% de Asfalto:

Figura N°67: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 23% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°68: Colocado de la mezcla 23% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto en moldes para su compactación.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°69: Extracción de especímenes elaborados con 23% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 23% de escoria de hierro y con 6.0% de Asfalto:

Figura N°70: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 23% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°71: Especímenes extraídos elaborados con 23% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto.

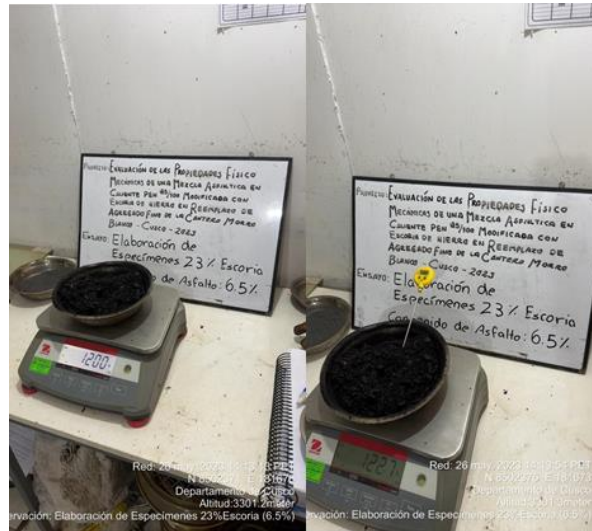


Fuente: Propia (2023).



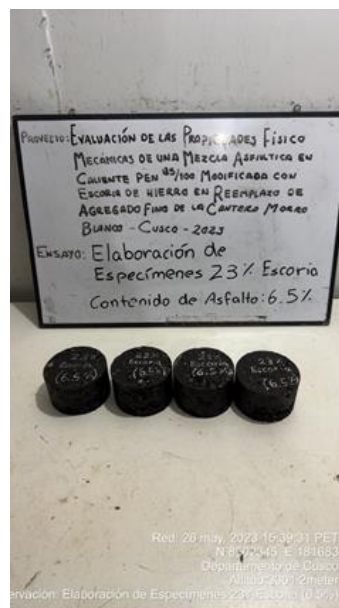
Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 23% de escoria de hierro y con 6.5% de Asfalto:

Figura N°72: Control de peso y temperatura previo al compactado de la mezcla elaborada con 23% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°73: Especímenes extraídos elaborados con 23% de escoria de hierro y con 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

**e. Elaboración de especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 26% de escoria hierro**

Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 26% de escoria de hierro y con 5.0% de Asfalto:

Figura N°74: Compactado de la mezcla asfáltica elaborada con 26% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°75: Especímenes extraídos elaborados con 26% de escoria de hierro y con 5.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 26% de escoria de hierro y con 5.5% de Asfalto:

Figura N°76: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 26% de escoria de hierro y 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°77: Especímenes extraídos elaborados con 26% de escoria de hierro y con 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).





Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 26% de escoria de hierro y con 6.0% de Asfalto:

Figura N°78: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 26% de escoria de hierro y 6.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°79: Especímenes extraídos elaborados con 26% de escoria de hierro y con 6.0% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



Elaboración de especímenes para mezcla asfáltica modificada con 26% de escoria de hierro y con 6.5% de Asfalto:

Figura N°80: Mezclado de agregados para elaboración de especímenes con 26% de escoria de hierro y 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Fuente N°81: Especímenes elaborados para la MAC patrón y la MAC modificada con escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).



### 3.5.3.3. Ensayos para Mezcla Asfáltica.

- Peso Específico Teórico Máximo de Mezclas Asfálticas para Pavimentos (RICE) MTC E 508 - ASTM D 2041

Ensayo realizado a los especímenes de mezcla asfáltica para pavimentos sin ser compactadas. De acuerdo a las especificaciones de la norma MTC E-508 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016)

Este ensayo es importante pues sus valores sacados de la mezcla no compactada, son influenciados por la composición que presenta la mezcla asfáltica. El peso específico máximo es un valor empleado en el cálculo de vacíos de aire de mezclas asfálticas compactadas, para el cálculo de cantidad de bitumen absorbido por los agregados.

Los equipos y herramientas necesarias para su realización son las siguientes:

- ❖ Una balanza de precisión.
- ❖ Termómetro
- ❖ Equipo RICE
- ❖ Bomba de vacíos.
- ❖ Vibradora
- ❖ Equipo de Baño María
- ❖ Muestra

Para empezar con el desarrollo del ensayo, se realizó la calibración del envase, para el cual se toma los pesos del envase vacío, seguidamente se llena el envase por completo con agua a una temperatura de 25°C registrando su peso como segundo dato necesario para la calibración.

Como segundo paso del ensayo se separa la muestra, teniendo cuidado de no fracturar las partículas minerales, de tal manera que las de la porción fina del agregado no sean mayores a 6.3 mm.

Esta es colocada en el envase y se toma el dato de su peso. Posteriormente se llena el envase de agua a temperatura de 25°C hasta que cubra la muestra por encima de esta unos 3 cm, para llevarla a la vibradora e instalar la bomba de vacíos por un periodo de 40 min.

Al terminar los 40 min, se llena el recipiente en su totalidad y se tapa el envase. Tomando como último dato el peso de este.



Figura N°82: Equipo RICE para ensayo.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°83: Peso inicial de la muestra con el recipiente vacío



Fuente: Propia (2023).

Figura N°84: Preparación de muestra con agua previo a la extracción de aire.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°85: Eliminación de aire con bomba de vacíos



Fuente: Propia (2023).

Figura N°86: Completado del recipiente con la muestra con agua después de la extracción de aire.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°87: Pesado del recipiente con la muestra y agua.



Fuente: Propia (2023).



- Gravedad Específica BULK de Cada Espécimen Compactado

Ensayo realizado con el fin de determinar los parámetros volumétricos de una mezcla asfáltica. Este fue realizado. De acuerdo a las especificaciones de la norma MTC E-506 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

Los equipos y materiales necesarios para realizar el ensayo son los siguientes:

- ❖ Balanza de precisión, equipada con un aparato que permite el pesado de los especímenes mientras están suspendidos en agua.
- ❖ Canastilla
- ❖ Vernier
- ❖ Equipo de baño maría
- ❖ Franelas

El procedimiento del presente ensayo consiste en tomar las dimensiones y los pesos de los especímenes compactados, de la mezcla asfáltica patrón y la mezcla asfáltica modificada con escoria de hierro.

Primero se toman los pesos de los especímenes secos en aire, y posteriormente estos son colocados en la canastilla para tomar los datos del peso sumergido.

Estos datos servirán para el cálculo del volumen y gravedad específica BULK de los especímenes compactados.

Figura N°88: Especímenes a ensayar de la MAC modificada con 17% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°89: Especímenes a ensayar de la MAC modificada con 20% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°90: Peso sumergido de especímenes de MAC modificada con 20% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).





Figura N°91: Peso al aire de especímenes de MAC modificada con 23% de escoria de hierro.



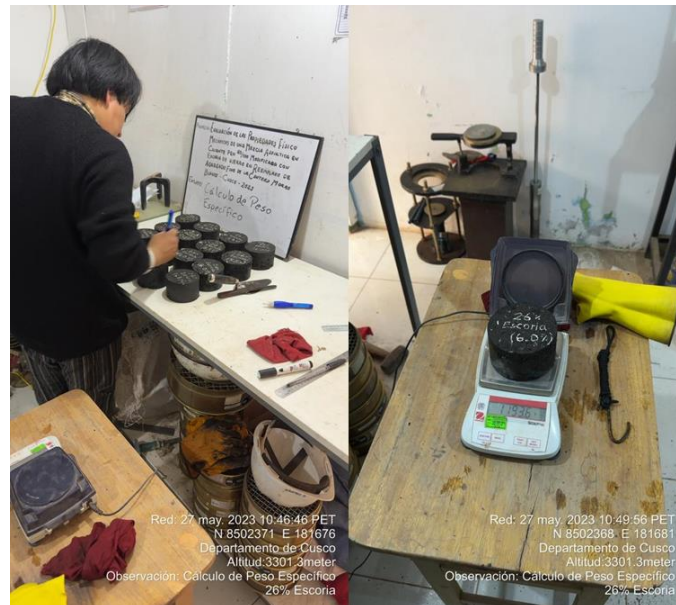
Fuente: Propia (2023).

Figura N°92: Peso sumergido de especímenes de MAC modificada con 23% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°93: Especímenes a ensayar de la MAC modificada con 26% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°94: Peso sumergido de especímenes de MAC modificada con 26% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).



- Determinar Resultados de Ensayo Marshall (ASTM-1559).

Ensayo cuyo objetivo es el de realizar el diseño de una mezcla asfáltica y cálculo de sus parámetros de comportamiento por medio del método manual Marshall, de acuerdo a las especificaciones de la norma MTC E-504 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

Siendo los valores de estabilidad Marshall y flujo junto a los valores de densidad, vacíos de aire en la mezcla, vacíos en el agregado mineral y vacíos llenos de asfalto, empleados para el diseño.

La estabilidad corresponde a la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga. El flujo es una medida de deformación de las mezclas asfálticas determinado durante el ensayo de estabilidad.

Para el correcto diseño de una mezcla asfáltica, es necesario el ensayo de 3 especímenes por cada incremento de cemento asfáltico. A partir de los cuales se trabajara con el promedio de estos.

Los equipos necesarios para el desarrollo del presente ensayo son los siguientes:

- ❖ Equipo de baño maría
- ❖ Cabezal de ruptura
- ❖ Máquina de carga a compresión
- ❖ Medidor de flujo, deformímetro de 0.01”

Procedimiento:

1ro tomamos los datos necesarios para poder determinar los factores de corrección de las estabilidades, de acuerdo a las dimensiones de los especímenes o al volumen de estas.

Es necesario tener los parámetros volumétricos ya calculados.

2do paso es el de calentar el baño maría a 140°C, donde se colocan los especímenes a ensayar por un tiempo de 30 min. Durante este tiempo es importante ir controlando la temperatura del baño maria.

3er paso es extraer los especímenes del baño maría, engrasar las mordazas del cabezal de ruptura y engrasarlas. Para así colocar los especímenes dentro del cabezal y colocarlo en la máquina de carga a compresión.

4to paso es colocar el medidor de flujo, para comprobar su lectura una vez entre en ensayo el espécimen.





5to paso es aplicar la carga de deformación por medio de una razón constante de 50 mm/min hasta que el equipo detecte el valor máximo de deformación. El equipo empleado nos da el valor máximo de estabilidad Marshall.

6to paso, para la lectura del flujo, esta se toma en el momento que la máquina de carga a compresión registra el valor de estabilidad. Es decir, cuando registre el valor de su carga máxima.

Figura N°95: Equipo de baño maría



Fuente: Propia (2023).

Figura N°96: Máquina de carga a compresión, cabezal de ruptura y medidor de flujo



Fuente: Propia (2023).

Figura N°97: Especímenes en Agua María



Fuente: Propia (2023).

Figura N°98: Colocado del espécimen en el cabezal de ruptura.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°99: Colocado del cabezal de ruptura con el espécimen en la máquina de carga a compresión

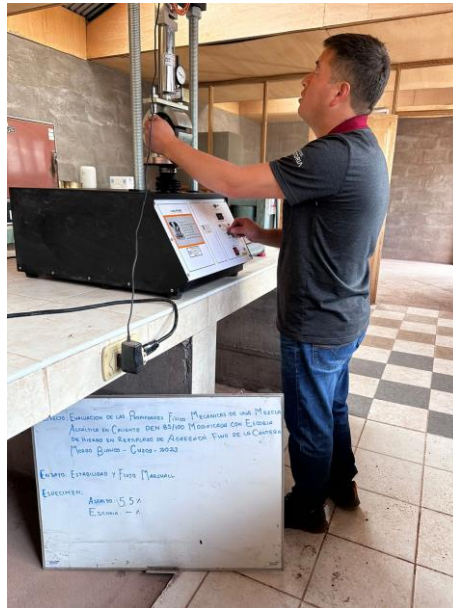


Fuente: Propia (2023).



a. Evaluación de estabilidad y flujo de los especímenes de asfalto en caliente –  
Mezcla asfáltica patrón.

Figura N°100: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC patrón con 5.5% de  
asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°101: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC patrón con 6.0% de  
asfalto.



Fuente: Propia (2023).





Figura N°102: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC patrón con 6.5% y 7% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

**b. Evaluación de estabilidad y flujo de los especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 17% de escoria hierro.**

Figura N°103: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 17% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto.

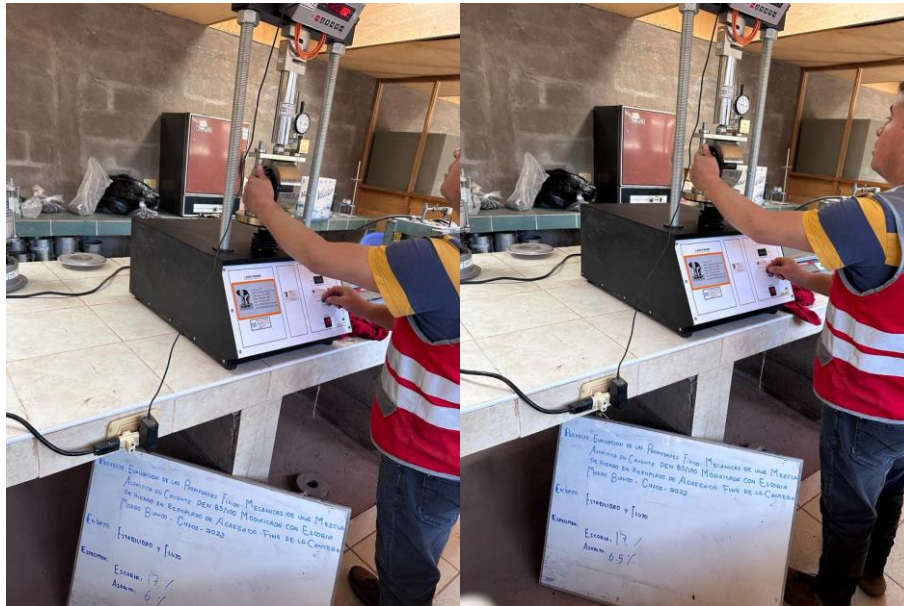


Fuente: Propia (2023).





Figura N°104: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 17% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

**c. Evaluación de estabilidad y flujo de los especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 20% de escoria hierro.**

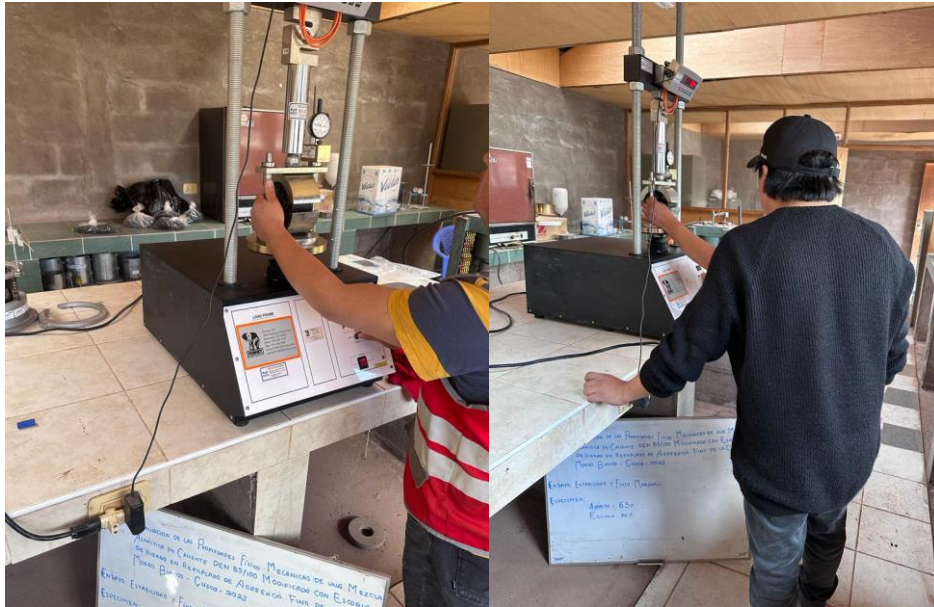
Figura N°105: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 20% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).



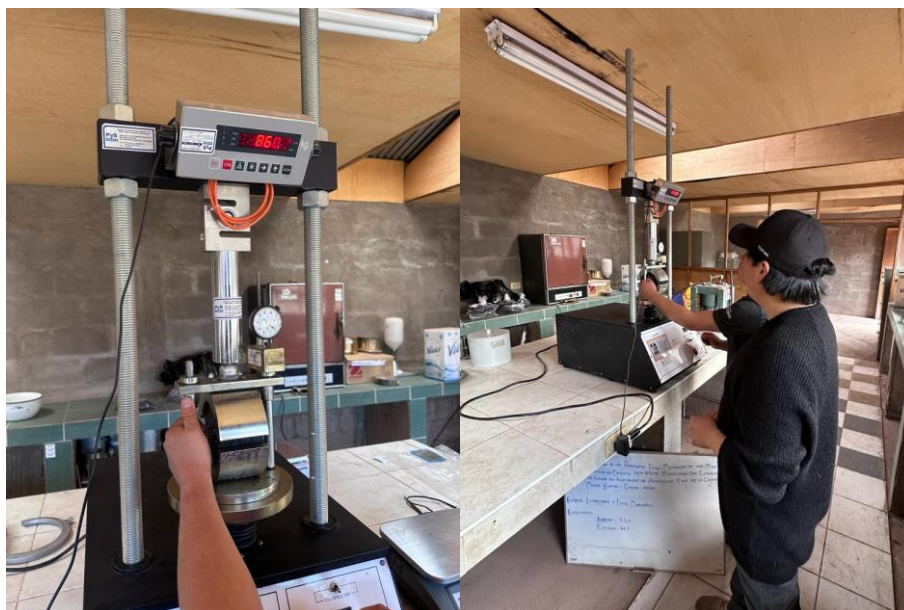
Figura N°106: Evaluación de estabilidad y flujo de MAC con 20% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

**d. Evaluación de estabilidad y flujo de los especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 23% de escoria hierro.**

Figura N°107: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 23% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto.

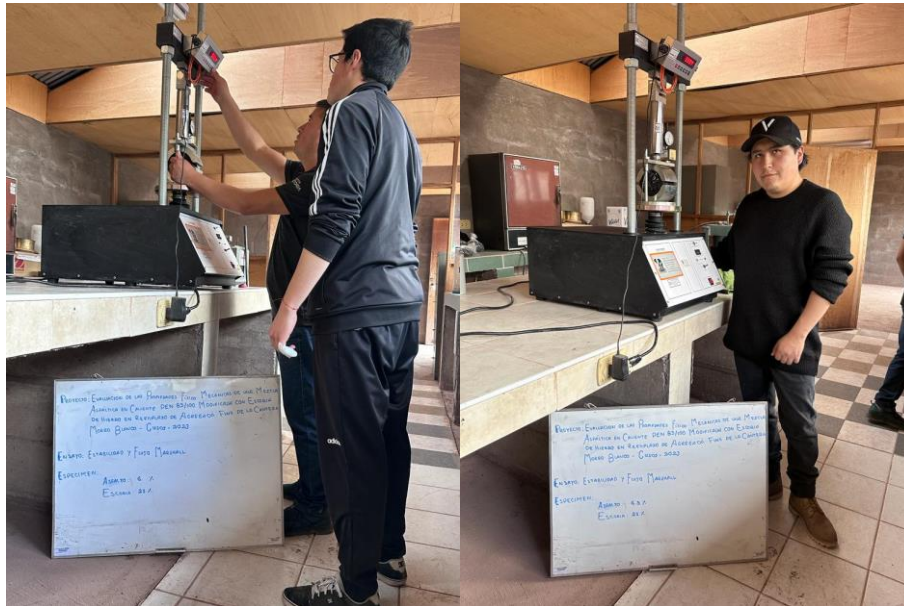


Fuente: Propia (2023).





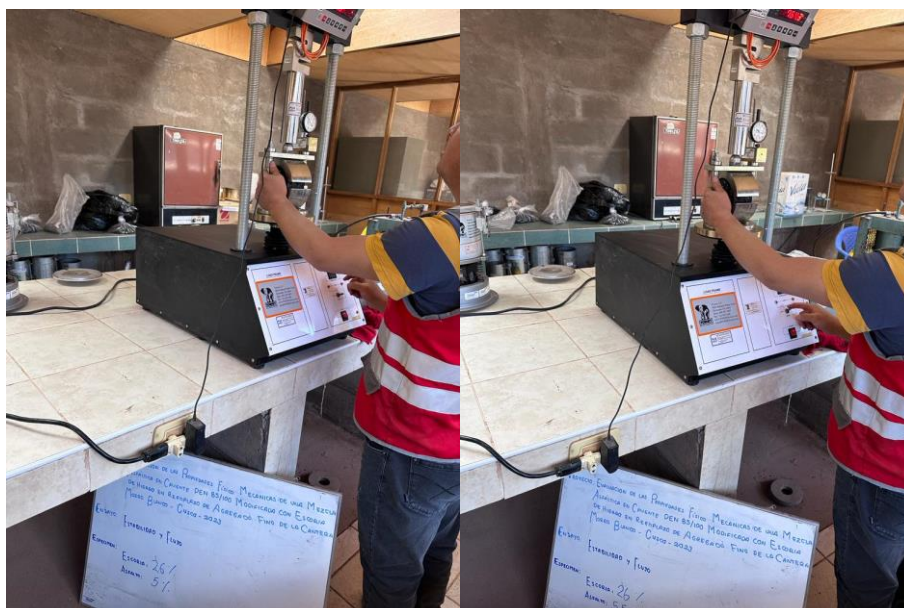
Figura N°108: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 23% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

**e. Evaluación de estabilidad y flujo de los especímenes de asfalto en caliente – Mezcla asfáltica modificada con 26% de escoria hierro.**

Figura N°109: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 26% de escoria de hierro, para 5.0% y 5.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°110: Evaluación de estabilidad y flujo de la MAC con 26% de escoria de hierro, para 6.0% y 6.5% de asfalto.



Fuente: Propia (2023).

- Ensayo de Resistencia a Compresión Simple

Ensayo utilizado como un valor complementario, el cual puede contribuir a la caracterización de la mezcla global, pudiendo ser un valor que determine su conformidad por el uso bajo las condiciones dadas de carga. Los resultados de resistencia a la compresión serán más altos para mezclas recientemente preparadas.

Los materiales necesarios para el ensayo son los siguientes:

- ❖ Máquina de Compresión
- ❖ Equipo de baño maría
- ❖ Vernier
- ❖ Guantes

Procedimiento:

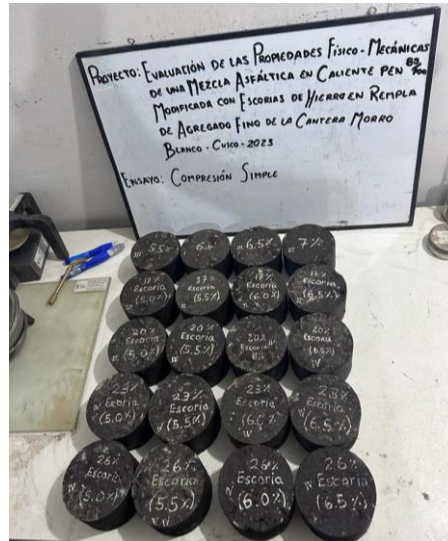
1ro se toma los valores correspondientes para el cálculo de su gravedad específica y volumen de los especímenes a ensayar

2do paso es el de poner los especímenes a la temperatura de prueba requerida que es de 25°C.

3er paso, se coloca los especímenes en la máquina de compresión axial sin soportes laterales a una velocidad uniforme de 0.05 mm/min \* mm de altura. 4.5 kn/s

4to paso se registra los valores obtenidos del ensayo y se retira el espécimen ensayado. El procedimiento de cálculo del ensayo no requiere dispersión debido a que la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas es definida sólo en términos del método de prueba.

Figura N°111: Especímenes a ensayar



Fuente: Propia (2023).

Figura N°112: Especímenes en baño maría a 25°C



Fuente: Propia (2023).





Figura N°113: Máquina de Compresión Simple



Figura: Propia (2023).

Figura N°114: Espécimen sometido a compresión



Fuente: Propia (2023).

### 3.6. Validez y confiabilidad de instrumentos.

A lo largo del proceso de ejecución del presente trabajo de investigación, se emplearán las diferentes técnicas de procesamiento de datos estadísticos tradicionales empleados en los diferentes trabajos de investigación de tipo Cuantitativa. Además de basar sus diferentes cálculos y procesamientos de datos obtenidos de los ensayos y equipos conforme a la normativa aprobada como: Manual de Ensayos de Materiales aprobado





por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC), American Society for Testing and Materials (ASTM).

Así mismo, cabe resaltar que los equipos a utilizar en el presente trabajo de investigación cuentan con los certificados de calibración correspondientes que validan la calidad de los resultados obtenidos a lo largo de la ejecución de los diferentes ensayos realizados.

### 3.7. Plan de Análisis de datos

Como parte inicial del proceso de ejecución del trabajo de investigación, se comenzará con el diseño de la mezcla asfáltica patrón, para lo cual primero se realizará los ensayos correspondientes a nuestros insumos primarios previamente identificados, como lo son los agregados pétreos, cemento asfáltico y escoria de hierro.

Se realizarán ensayos para determinar las características de nuestros insumos primarios y en el caso de los agregados pétreos poder determinar la curva de diseño de acuerdo a lo indicado en el diseño Marshall.

Posteriormente, se diseñará la mezcla asfáltica patrón de acuerdo al Método Marshall, considerando los valores de porcentaje de asfalto previamente establecidos cuyo valor óptimo se encuentra dentro del rango de 5%, 5.5%, 6% y 6.5%. Una vez realizado el diseño y tener nuestros especímenes compactados se procederá a determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico. Se evaluará la estabilidad y flujo, sus parámetros volumétricos, peso unitario y resistencia a la compresión de los especímenes elaborados.

Con el diseño ya hecho se procederá a la modificación de la mezcla respectivamente con la escoria de hierro previamente clasificada mediante un análisis granulométrico, esta modificación se realizará en porcentaje de peso al porcentaje de agregado fino que presenta la mezcla, modificando en porcentajes de 17%, 20%, 23% y 26%, para los cuales se determinará el contenido óptimo y se evaluará asimismo su estabilidad y flujo, parámetros volumétricos, peso unitario y resistencia a la compresión.

Finalmente, se recolectarán los datos y se identificará el porcentaje de escoria de hierro adecuado, a partir del cual se comparará sus resultados con los obtenidos en la mezcla asfáltica patrón.



3.7.1. Cálculos Desarrollados para los Agregados Pétreos.

- Análisis Granulométrico de Agregado Grueso (MTC E-204).

Tabla N°69: Granulometría de Agregado Grueso.

Malla		Peso ret (gr)	Peso ret corregido (gr)	% Peso Ret (E.)	% Peso Acumulado	% Que pasa	Límites	
Tamiz	mm.	A	D=A+(B-C)/3	D/C	F=E1+E2+...	100%-F	Inferior	Superior
3/4"	19.050		0.00	0.000%	0%	100.000%	100.0%	100.0%
1/2"	12.700	723.75	723.75	36.188%	36.19%	63.813%	55.0%	75.0%
3/8"	9.525	559.47	559.47	27.974%	64.16%	35.839%	25.0%	40.0%
1/4"	6.350	382.69	382.69	19.135%	83.30%	16.705%	10.0%	20.0%
Nº 4	4.760	90.24	90.24	4.512%	87.81%	12.193%	5.0%	15.0%
Nº 8	2.360	243.85	243.85	12.193%	100.00%	0.000%	0.0%	0.0%
<b>TOTAL</b>		2000.00	2000.00					
<b>T.M.</b>					3/4"			
<b>T.M.N.</b>					1/2"			

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO						
<b>GRÁFICO</b>						

**CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO**

Fuente: Propia:2023



- Análisis Granulométrico de Agregado Fino: Arena Triturada y Arena Natural (MTC E-204).

Tabla N°70: Granulometría de Agregado Fino Arena Triturada.

Malla		Peso ret (gr)	Peso ret corregido (gr)	% Peso Ret (E.)	% Peso Acumulado	% Que pasa	Límites	
Tamiz	mm.	A	D=A+(B C)/3	D/C	F=E1+E2+...	100% F	Inferior	Superior
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.000%	0.000%	100%		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.000%	0.000%	100%	100%	100%
1/4"	6.350	3.00	3.00	0.230%	0.230%	99.770%		
N° 4	4.760	116.30	116.30	8.930%	9.161%	90.839%	85%	95%
N° 8	2.360	394.90	394.90	30.323%	39.484%	60.516%	45%	65%
N° 10	2.000	63.70	63.70	4.891%	44.375%	55.625%		
N° 16	1.190	151.80	151.80	11.656%	56.032%	43.968%	35%	50%
N° 30	0.600	130.50	130.50	10.021%	66.052%	33.948%	25%	35%
N° 40	0.420	61.80	61.80	4.745%	70.798%	29.202%		
N° 50	0.300	65.40	65.40	5.022%	75.820%	24.180%	20%	25%
N° 80	0.180	29.40	29.40	2.258%	78.077%	21.923%		
N° 100	0.149	101.00	101.00	7.756%	85.833%	14.167%	10%	20%
N° 200	0.074	46.80	46.80	3.594%	89.426%	10.574%	7%	12%
FONDO	-	137.70	137.70	10.574%	100.000%	0%		
<b>TOTAL</b>		1302.30	1302.30					
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.00	1164.60					

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
CÓDIGO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO MTC E 204							
GR - GR - AP								
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"							
TESISTAS:	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO							
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L							
FECHA:	03/05/2023							
CANTERA:	MORRO BLANCO						MUESTRA (gr.)	
UBICACIÓN:	PISAC						1302.3	
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA								


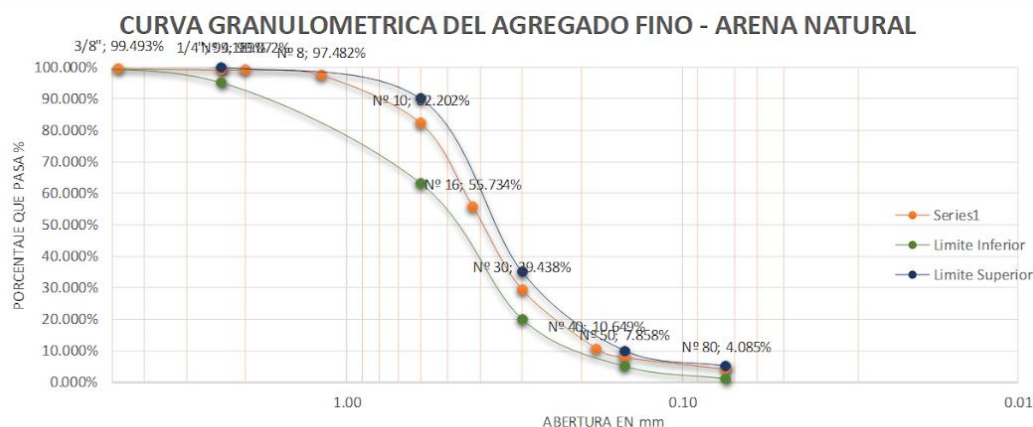
  

**GRÁFICO**

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°71: Granulometría de Agregado Fino Arena Natural.

CÓDIGO GR - GR - AP	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO MTC E 204</b>								
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"							
<b>TESISTAS:</b>	<b>GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO</b> <b>ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO</b>							
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L							
<b>FECHA:</b>	03/05/2023							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO						<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC						1282.7	
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL								
Malla		Peso ret (gr)	Peso ret corregido (gr)	% Peso Ret (E.)	% Peso Acumulado	% Que pasa	Límites	
Tamiz	mm.	A	D=A+(B-C)/3	D/C	F=E1+E2+...	100%-F	Inferior	Superior
3/8"	9.525	4.70	4.70	0.366%	0.366%	99.634%	100%	100%
1/4"	6.350	1.10	1.10	0.086%	0.452%	99.548%		
N° 4	4.760	0.70	0.70	0.055%	0.507%	99.493%		
N° 8	2.360	3.90	3.90	0.304%	0.811%	99.189%	95%	100%
N° 10	2.000	1.50	1.50	0.117%	0.928%	99.072%		
N° 16	1.190	20.40	20.40	1.590%	2.518%	97.482%		
N° 30	0.600	196.00	196.00	15.280%	17.798%	82.202%	63%	90%
N° 40	0.420	339.50	339.50	26.468%	44.266%	55.734%		
N° 50	0.300	337.30	337.30	26.296%	70.562%	29.438%	20%	35%
N° 80	0.180	241.00	241.00	18.788%	89.351%	10.649%		
N° 100	0.149	35.80	35.80	2.791%	92.142%	7.858%	5%	10%
N° 200	0.074	48.40	48.40	3.773%	95.915%	4.085%	1%	5%
FONDO	-	52.40	52.40	4.085%	100%	0.00		
<b>TOTAL</b>		1282.70	1282.70					
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.000	1230.30					
GRÁFICO								
<p><b>CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL</b></p>  <p>El gráfico muestra la curva granulométrica del agregado fino arena natural. El eje horizontal (X) representa la 'ABERTURA EN mm' en una escala logarítmica, con valores desde 1.00 hasta 0.01. El eje vertical (Y) representa el 'PORCENTAJE QUE PASA %' desde 0.000% hasta 100.000%. La curva principal (Series1) muestra el porcentaje de material que pasa a través de cada tamiz. Se indican los límites superior y inferior de conformidad con las normas. Los datos clave extraídos de la tabla se muestran en el gráfico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3/8": 99.493%</li> <li>1/4": 99.548%</li> <li>N° 4: 99.493%</li> <li>N° 8: 99.189%</li> <li>N° 10: 99.072%</li> <li>N° 16: 97.482%</li> <li>N° 30: 82.202%</li> <li>N° 40: 55.734%</li> <li>N° 50: 29.438%</li> <li>N° 80: 10.649%</li> <li>N° 100: 7.858%</li> <li>N° 200: 4.085%</li> </ul>								

Fuente: Propia (2023).



- Peso Específico y Absorción del Agregado Fino - (MTC E-205).

Tabla N°72: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>CÓDIGO</b>	<b>PESO ESPECIFICO Y ABRSORCION DEL AGREGADO FINO MTC E 205</b>		
GR - PE			
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO		
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO		
<b>LUGAR.</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA:</b>	5/05/2023		
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-	
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>			
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	296.30
B	Peso del picnómetro con agua	gr	745.20
C	Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración	gr	930.80
D	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	300.00
$Pem (A/(B+D-C))$	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.59
$PeSSS (D/(B+D-C))$	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.62
$Pea (A/(B+A-C))$	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.68
$Ab (((D-A)/A)*100)$	Absorción	%	1.25
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>			
PESO ESPECIFICO DE LA MASA		2.59	gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION		1.25	(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>			
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño	(%)
EG. 2013		0.5% max.	(%)
<b>OBSERVACION</b>			
CUMPLE			

Fuente: Propia (2023).





- Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (MTC E-206).

Tabla N°73: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>CÓDIGO</b> GR - PE	<b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L				
<b>FECHA:</b>	5/05/2023				
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-			
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>					
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Promedio</b>
A	Peso de la muestra seca en el aire	gr.	2540.00	2625.00	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	2563.00	2650.00	
C	Peso en el agua de la muestra saturada	gr.	1593.40	1647.20	
Pem (A)/(B-C)	Peso específico de la masa	gr/cm3	2.620	2.618	2.619
PeSSS (B)/(B-C)	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm3	2.643	2.643	2.643
Pea(A)/(A-C)	Peso específico aparente	gr/cm3	2.683	2.685	2.684
Ab (((B-A)/A)*100)	Absorción	%	0.906	0.952	0.929
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>					
PESO ESPECIFICO DE LA MASA		2.62			gr/cm3
ABSORCIÓN		0.93			(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>					
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño			(%)
EG. 2013		1.00 % max.			(%)
<b>OBSERVACION</b>					

Fuente: Propia (2023).





- Abrasión de los Ángeles (L.A) al Desgaste de los Agregados (MTC E-207).

Tabla N°74: Abrasión de Los Ángeles de los Agregados.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>			
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>ABRACION DEL AGREGADO GRUESO MTC E 207</b>			
<b>GR - AB</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"			
<b>TESISTAS:</b>	<b>GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO</b>			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L			
<b>FECHA:</b>	4/05/2023			
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	5002.3		
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>QUE PASA</b>		<b>RETENIDO SOBRE</b>		<b>GRADACION</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>B</b>
1"	25.00	3/4"	19.05	
3/4"	19.05	1/2"	12.70	2500.20
1/2"	12.70	3/8"	9.53	2502.10
3/8"	9.53	1/4"	6.35	
1/4"	6.35	N° 4	4.76	
<b>TOTAL (A) B1+B2+...</b>				5002.30
<b>PESO RETENIDO EN EL TAMIZ N°12 (C.)</b>				3925.00
<b>N° DE ESFERAS</b>				11
<b>N° DE REVOLUCIONES</b>				500
<b>TIEMPO DE ROTACION</b>				15 min
<b>PESO DEL MATERIAL DESGASTADO (D=A-C)</b>				1077.30
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>				
% DE ABRASION - ENSAYO = (D/A)*100		<b>21.5360934</b>	(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>				
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		35 % max.	(%)	
EG. 2013		35 % max.	(%)	
<b>OBSERVACION</b>				
El material procedente de la cant6era Morro Blanco, posee un desgaste a la abrasión de 21.5% no excediendo el límite máximo establecido por la norma CE.010. Lo cual indica que el material es adecuado.				

Fuente: Propia (2023).



- Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso (MTC E-221).

Tabla N°75: Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
CODIGO GR - IAA	INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 201					
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
TESISTAS:	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO					
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO					
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L					
FECHA:	5/05/2023					
CANTERA:	MORRO BLANCO			MUESTRA (gr.)		
UBICACIÓN:	PISAC					
INDICE DE ALARGAMIENTO						
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS ALARGADAS		PROEMDIO G = F*D
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466	54.02	33.5	2.29	123.43
1/2"	3/8"	948	34.93	29.5	3.11	108.70
3/8"	1/4"	300	11.05	11.6	3.87	42.74
TOTAL (C)		2714	100.00	74.6	Rpt: H1=(G1+G2...)/C2	2.75
INDICE DE APLANAMIENTO						
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS APLANADAS		PROEMDIO
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466	54.02	28.3	1.93	104.27
1/2"	3/8"	948	34.93	34.2	3.61	126.01
3/8"	1/4"	300	11.05	14.6	4.87	53.80
TOTAL (C)		2714	100.00	77.1	Rpt: H2=(G1+G2...)/C2	2.84
RESULTADOS						
INDICE DE APLANAMIENTO					2.84	5.59
INDICE DE ALARGAMIENTO					2.75	
REQUERIMIENTO						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS					10	%
EG. 2013					10	%
OBSERVACION						
Las partículas provenientes de la Cantera Morro Blanco, cumplen con los parámetros requeridos según la norma.						

Fuente: Propia (2023).



- Método de Ensayo Estándar Para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso (MTC E-210).

Tabla N°76: Ensayo de Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>CODIGO GR - PF</b>		<b>ENSAYO DE PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS MTC E 210</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L				
<b>FECHA:</b>		6/05/2023				
<b>CANTERA:</b>		MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>		PISAC			-	
<b>CON UNA CARA FRACTURADA</b>						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = ((B/A)*100)$	D	$E = C*D$
3/4"	1/2"	1920	60	3.13	0.36	1.13
1/2"	3/8"	3251	74	2.28	0.28	0.64
3/8"	1/4"	1425	35	2.46	0.05	0.11
TOTAL (C.)		6596			0.69	1.88
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURA (F1=C5/C4)						2.7
<b>CON DOS A MAS CARAS FRACTURADAS</b>						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = ((B/A)*100)$	D	$E = C*D$
1/2"	3/8"	1920	1838	95.73	0.36	34.64
3/8"	1/4"	3251	3158	97.14	0.28	27.17
1/4"	N°4	1425	1376	96.56	0.05	4.36
TOTAL (C.)		6596			0.69	66.17
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURAS (F2=C5/C4)						96.4
<b>RESULTADOS</b>						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA					99.09	
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS					96.36	
<b>REQUERIMIENTO</b>						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA (C.010 PAV. URBANOS)					85%	
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS (C.010 PAV. URBANOS)					70%	
<b>OBSERVACION</b>						
SI CUMPLE						

Fuente: Propia (2023).



- Durabilidad al Sulfato de Magnesio (MTC E-209).

Tabla N°77: Ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Grueso.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO</b> GR - DU	ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209						
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA:</b>	6/05/2023						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-					
<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO AL SULFATO DE MAGNESIO</b>							
<b>TAMIZ</b>	<b>PESO RETENIDO INICIAL</b>	<b>PESO DESPUESD EL ENSAYO</b>	<b>PERCENTAJE RETENIDO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>		<b>PERDIDA CORREGIDA (%)</b>	
	A	B	D=(A/C)	gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	G=D*F	
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	675.4	655	51.49%	20.4	3.02%	1.56%
1/2"	3/8"	334.1	318	25.47%	16.1	4.82%	1.23%
3/8"	N°4	302.2	280	23.04%	22.2	7.35%	1.69%
		1311.7	1253		PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		4.48%
<b>RESULTADOS</b>							
PERDIDA TOTAL					4.48%	(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS					15% max.	(%)	
EG. 2013					15% max.	(%)	
<b>OBSERVACION</b>							
SI CUMPLE							

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°78: Ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio de Arena Triturada.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO GR - DU</b>	<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209</b>						
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO						
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA</b>	05/05/2023 - 07/05/2023						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO				<b>MUESTRA (gr.)</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC				-		
<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA - AL SULFATO DE MAGNESIO</b>							
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO RETENIDO INICIAL</b>	<b>PESO DESPUES DEL ENSAYO</b>	<b>PORCENTAJE RETENIDO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>		<b>PERDIDA CORREGIDA (%)</b>
					<b>gr. E=(A-B)</b>	<b>% F=(E/A)</b>	
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D=(A/C)</b>			<b>G=D*F</b>	
3/8"	N°4	161	146	100.00%	15	9.32%	0.09
	N°4	154	151	95.65%	3	1.95%	0.02
	N°8	154	151	95.65%	3	1.95%	0.02
	N°16	153	145	95.03%	8	5.23%	0.05
	N°30	161	157	100.00%	4	2.48%	0.02
					<b>PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)</b>		<b>13.04%</b>
<b>RESULTADOS</b>							
<b>PERDIDA TOTAL</b>					<b>13.04%</b>	<b>(%)</b>	
<b>REQUERIMIENTO</b>							
<b>CE.010 PAVIMENTOS URBANOS</b>					<b>15% max.</b>	<b>(%)</b>	
<b>EG. 2013</b>					<b>15% max.</b>	<b>(%)</b>	
<b>OBSERVACION</b>							
<b>CUMPLE</b>							

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°79: Ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio de Arena Natural.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO GR - DU</b>	<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209</b>						
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO						
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA</b>							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO				<b>MUESTRA (gr.)</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC				-		
<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL - AL SULFATO DE MAGNESIO</b>							
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO RETENIDO INICIAL</b>	<b>PESO DESPUES DEL ENSAYO</b>	<b>PORCENTAJE RETENIDO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>		<b>PERDIDA CORREGIDA (%)</b>
					<b>gr. E=(A-B)</b>	<b>% F=(E/A)</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D=(A/C)</b>			<b>G=D*F</b>
3/8"	N°4	164	142	102.50%	22	13.41%	0.14
	N°4	169	168	105.63%	1	0.59%	0.01
	N°8	166	166	103.75%	0	0.00%	0.00
	N°16	164	103	102.50%	61	37.20%	0.38
	N°30	160	136	100.00%	24	15.00%	0.15
					<b>PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)</b>		<b>14.38%</b>
<b>RESULTADOS</b>							
<b>PERDIDA TOTAL</b>						<b>14.38%</b>	<b>(%)</b>
<b>REQUERIMIENTO</b>							
<b>CE.010 PAVIMENTOS URBANOS</b>						<b>15% max.</b>	<b>(%)</b>
<b>EG. 2013</b>						<b>15% max.</b>	<b>(%)</b>
<b>OBSERVACIÓN</b>							
<b>CUMPLE</b>							

Fuente: Propia (2023).





- Método de Ensayo Estándar Para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino (MTC E-114).

Tabla N°80: Ensayo Para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO</b>	ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y						
<b>GR-EQ</b>	AGREGADO FINO MTC E 114						
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO						
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA</b>	7/05/2023						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC			-			
<b>EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL / ARENA TRITURADA</b>							
	<b>ARENA NATURAL</b>			<b>ARENA TRITURADA</b>			
<b>NUMERO DE MUESTRAS</b>	1	2	3	1	2	3	
<b>TIEMPO DE REPOSO</b>	08:22	08:24	08:26	02:26	02:27	02:28	
	08:32	08:34	08:36	02:36	02:37	02:38	
<b>TIEMPO DE IRRIGACIÓN</b>	00:02	00:02	00:02	00:02	00:05	00:06	
<b>TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN</b>	08:34	08:36	08:38	02:38	02:42	02:44	
	08:54	08:56	08:58	02:58	03:02	03:04	
<b>LECTURA ARCILLA</b>	5.8	5.8	5.9	4.2	4.2	4.4	
<b>LECTURA ARENA</b>	3.7	3.6	3.6	3.3	3.7	3.3	
<b>RESULTADOS PARCIALES</b>	63.79%	62.07%	61.02%	78.57%	88.10%	75.00%	
<b>PROMEDIO</b>	62.3%			80.6%			
<b>RESULTADOS</b>							
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL					62.29%	(%)	
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA					80.56%	(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS					50% min.	(%)	
EG. 2013					70% min	(%)	
<b>OBSERVACIÓN</b>							
CUMPLE							

Fuente: Propia (2023).



- Ensayo de Gravedad Específica BULK y Aparente de la Combinación de Agregados de la Cantera Morro Blanco

Tabla N°81: Gravedad específica BULK y aparente de la combinación de agregados.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS:</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO								
	ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>Gravedad Específica Bulk y Aparente de la Combinación de Agregados</b>									
Agregados	Combinación de Diseño	Combinación en función de los Agregados	Combinación en función del agregado fino	Combinación en función del agregado grueso	Gravedad Específica Bulk (Gsb)	Gravedad Específica Aparente (Gsa)	Gravedad Específica Bulk (Gsb)	Gravedad Específica Aparente (Gsa)	Gravedad Específica Efectiva del Agregado (Gse)
A.G.	40.00%	40.00%	-	100%	2.62	2.68	2.60	2.68	2.642
A.F. Arena Triturada	40.00%	60.00%	66.67%	-	2.59	2.68			
A.F. Arena Natural	20.00%		33.33%	-					
$G_{sa} > G_{se} > G_{sb}$							<b>SI CUMPLE</b>		

Fuente: Propia (2023).



- Análisis Granulométrico de la Escoria de Hierro.

Tabla N°82: Análisis Granulométrico de la Escoria de Hierro Reciclado.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA																						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																						
<b>CODIGO</b> GR-GR-EH	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b>																						
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"																						
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO																						
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L																						
<b>FECHA:</b>	19/05/2023																						
<b>UBICACIÓN:</b>	CUSCO	<b>MUESTRA (gr.)</b> 1000																					
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b>																							
<b>Malla</b>	<b>Peso ret (gr)</b>	<b>Peso ret corregido (gr)</b>	<b>% Peso Ret</b>	<b>% Peso Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>																		
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>																						
N° 40	0.420	207.10	207.73	20.7733%	0.21	79.227%																	
N° 50	0.300	124.40	125.03	12.5033%	0.33	66.723%																	
N° 80	0.180	261.40	262.03	26.2033%	0.59	40.520%																	
N° 100	0.149	68.00	68.63	6.8633%	0.66	33.657%																	
N° 200	0.074	230.50	231.13	23.1133%	0.89	10.543%																	
FONDO	-	104.80	105.43	10.5433%																			
<b>TOTAL</b>		996.20	1000.00	1.00																			
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.38																					
<b>GRÁFICO</b>																							
<p><b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz</th> <th>mm.</th> <th>% Que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°40</td> <td>0.420</td> <td>79.227%</td> </tr> <tr> <td>N°50</td> <td>0.300</td> <td>66.723%</td> </tr> <tr> <td>N°80</td> <td>0.180</td> <td>40.520%</td> </tr> <tr> <td>N°100</td> <td>0.149</td> <td>33.657%</td> </tr> <tr> <td>N°200</td> <td>0.074</td> <td>10.543%</td> </tr> </tbody> </table>						Tamiz	mm.	% Que pasa	N°40	0.420	79.227%	N°50	0.300	66.723%	N°80	0.180	40.520%	N°100	0.149	33.657%	N°200	0.074	10.543%
Tamiz	mm.	% Que pasa																					
N°40	0.420	79.227%																					
N°50	0.300	66.723%																					
N°80	0.180	40.520%																					
N°100	0.149	33.657%																					
N°200	0.074	10.543%																					



Fuente: Propia (2023).



3.7.2. Cálculos Desarrollados para la MAC PEN 85/100 patrón.

- Cálculo de Densidad Máxima Teórica RICE de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 Patrón.

Tabla N°83: Resultados del Ensayo Densidad Teórica Máxima RICE. En MAC patrón.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
NOMBRE DE LA TESIS:		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE						
Ensayo	N°	1	2	3	4	
Cemento Asfáltico	%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%	
Peso del Material	gr	1220.30	1210.30	1215.00	1228.30	
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7429.00	7429.00	7429.00	7429.00	
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8649.30	8639.30	8644.00	8657.30	
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8149.20	8139.10	8139.60	8143.90	
Volumen del Material	cc	500.10	500.20	504.40	513.40	
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.44	2.42	2.41	2.39	
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00	

Fuente: Propia (2023).



- Cálculo de la Gravedad Específica BULK de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 Patrón.

Tabla N°84: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC patrón.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
<b>FECHA</b>	27/05/2023								
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.5%				6.0%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1202.10	1202.10	1197.20	1194.80	1195.10	1196.40	1194.70	1194.90
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	680.20	682.40	683.40	673.20	677.90	683.80	679.00	682.00
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	521.90	519.70	513.80	521.60	517.20	512.60	515.70	512.90
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.30	2.31	2.33	2.29	2.31	2.33	2.32	2.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.309</b>				<b>2.323</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.5%				7.0%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1197.20	1196.10	1196.90	1195.90	1190.00	1192.90	1194.50	1193.00
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	680.80	685.40	679.30	674.40	677.40	682.20	686.60	687.40
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	516.40	510.70	517.60	521.50	512.60	510.70	507.90	505.60
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.32	2.34	2.31	2.29	2.32	2.34	2.35	2.36
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.317</b>				<b>2.342</b>			

Fuente: Propia (2023).



- Cálculo de Factor de Estabilidad de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100.

Tabla N°85: Resultados del cálculo de factor de estabilidad para la MAC patrón.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD				
NOMBRE DE LA TESIS		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO–CUSCO-2023"		
TESISTAS		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
LUGAR		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
FECHA		27/05/2023		
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra		F.C.
5.5%	1	521.90		1
	2	519.70		1
	3	513.80		1
	4	521.60		1
6.0%	1	517.20		1
	2	512.60		1
	3	515.70		1
	4	512.90		1
6.5%	1	516.40		1
	2	510.70		1
	3	517.60		1
	4	521.50		1
7.0%	1	512.60		1
	2	510.70		1
	3	507.90		1
	4	505.60		1

Fuente: Propia (2023).





- Cálculo de la Estabilidad y Flujo Marshall de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 – Mezcla Asfáltica en Caliente Patrón.

Tabla N°86: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO				
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	<b>5.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	<b>37.8%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	56.7%	56.7%	56.7%	<b>56.7%</b>	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agrega	2.6014	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1202.10	1202.10	1194.80	<b>1199.67</b>	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	680.20	682.40	673.20	<b>678.60</b>	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	521.90	519.70	521.60	<b>521.07</b>	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.303	2.313	2.291	<b>2.302</b>	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.439	2.439	2.439	<b>2.439</b>	
13	Va - VTM % De Vacios $(100-(11/12)*100)$	5.56	5.16	6.08	<b>5.60</b>	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
15	VMA $(100-((11*(100-1))/7)$	16.33	15.97	16.79	<b>16.36</b>	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$	65.96	67.70	63.80	<b>65.82</b>	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/12)-(1-4))$	2.64	2.64	2.64	<b>2.64</b>	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*4(17-14)/17*$	0.62	0.62	0.62	<b>0.62</b>	
19	% De Asfalto Efectivo $1-((18*(2+3))/100)$	4.91%	4.91%	4.91%	<b>4.9%</b>	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13)/15)$	65.96%	67.70%	63.80%	<b>65.82%</b>	
21	Flujo (.01")	11.000	13.000	12.000	<b>12.000</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1524.000	1599.000	1576.900	<b>1566.633</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.33	0.30	<b>0.30</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22*23$	1524.00	1599.00	1576.90	<b>1566.63</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5454.55	4842.52	5173.56	<b>5139.87</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°87: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	<b>6.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	<b>37.6%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	56.4%	56.4%	56.4%	<b>56.4%</b>	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agrega	2.6014	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.90	1196.40	1194.70	<b>1195.33</b>	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	682.00	683.80	679.00	<b>681.60</b>	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	512.90	512.60	515.70	<b>513.73</b>	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.330	2.334	2.317	<b>2.327</b>	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.422	2.422	2.422	<b>2.422</b>	
13	Va - VTM % De Vacios $(100-(11/12)*100)$	3.81	3.63	4.35	<b>3.93</b>	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2+5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
15	VMA $(100-((11*(100-1))/7)$	15.82	15.66	16.29	<b>15.92</b>	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$	75.92	76.81	73.31	<b>75.35</b>	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/12)-(1-4))$	2.64	2.64	2.64	<b>2.64</b>	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*4(17-14)/17*1$	0.62	0.62	0.62	<b>0.62</b>	
19	% De Asfalto Efectivo $1-((18*(2+3))/100)$	5.41%	5.41%	5.41%	<b>5.4%</b>	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13)/15)$	75.92%	76.81%	73.31%	<b>75.35%</b>	
21	Flujo (.01")	12.000	12.000	12.000	<b>12.000</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1436.000	1429.000	1472.700	<b>1445.900</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.30	0.30	0.30	<b>0.30</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22*23$	1436.00	1429.00	1472.70	<b>1445.90</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4711.29	4688.32	4831.69	<b>4743.77</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°88: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	37.4%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	56.1%	56.1%	56.1%	56.1%	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.6014	2.601	2.601	2.601	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.20	1196.10	1195.90	1196.40	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	680.80	685.40	674.40	680.20	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	516.40	510.70	521.50	516.20	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.318	2.342	2.293	2.318	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.405	2.405	2.405	2.405	
13	Va - VTM % De Vacios $(100-(11/12)*100)$	3.61	2.63	4.66	3.63	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
15	VMA $(100-((11*(100-1))/7))$	16.67	15.82	17.58	16.69	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$	78.34	83.41	73.50	78.42	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/12)-(1-4))$	2.64	2.64	2.64	2.64	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*4(17-14)/17*100)$	0.62	0.62	0.62	0.62	
19	% De Asfalto Efectivo $1-((18*(2+3))/100)$	5.92%	5.92%	5.92%	5.9%	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13)/15)$	78.34%	83.41%	73.50%	78.42%	
21	Flujo (.01")	13.000	12.000	13.000	12.667	
22	Estabilidad (Kg)	1382.000	1390.000	1401.000	1391.000	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.33	0.30	0.33	0.32	
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22*23$	1382.00	1390.00	1401.00	1391.00	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4185.34	4560.37	4242.88	4323.46
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°89: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 7.0% de asfalto.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.2%	37.2%	37.2%	37.2%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	55.8%	55.8%	55.8%	55.8%	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agrega	2.6014	2.601	2.601	2.601	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1190.00	1192.90	1193.00	1191.97	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	677.40	682.20	687.40	682.33	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	512.60	510.70	505.60	509.63	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.321	2.336	2.360	2.339	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.389	2.389	2.389	2.389	
13	Va - VTM % De Vacios $(100-(11/12)*100)$	2.81	2.22	1.22	2.08	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
15	VMA $(100-((11*(100-1))/7))$	17.01	16.49	15.65	16.38	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$	83.45	86.57	92.20	87.40	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/12)-(1-4))$	2.64	2.64	2.64	2.64	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*4(17-14)/17*$	0.62	0.62	0.62	0.62	
19	% De Asfalto Efectivo $1-((18*(2+3))/100)$	6.42%	6.42%	6.42%	6.4%	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13)/15)$	83.45%	86.57%	92.20%	87.40%	
21	Flujo (.01")	17.000	16.000	17.000	16.667	
22	Estabilidad (Kg)	1528.800	1503.000	1508.000	1513.267	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.43	0.41	0.43	0.42	
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22*23$	1528.80	1503.00	1508.00	1513.27	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3540.53	3698.33	3492.36	3574.65
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



- Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 – Mezcla Asfáltica en Caliente Patrón.

Tabla N°90: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO–CUSCO-2023"				
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>CÁLCULOS DE PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS</b>					
<b>MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 26% DE ESCORIA DE HIERRO</b>					
% DE ASFALT	DENSIDAD	VTM	VMA	VFA	
5.0%	2.359	3.61	13.86	73.93%	
	2.354	3.81	14.04	72.89%	
	2.355	3.78	14.01	73.04%	
<b>Promedio</b>	<b>2.356</b>	<b>3.732</b>	<b>13.970</b>	<b>73.29%</b>	
5.5%	2.350	3.27	14.64	77.65%	
	2.346	3.41	14.76	76.93%	
	2.340	3.67	14.99	75.54%	
<b>Promedio</b>	<b>2.345</b>	<b>3.448</b>	<b>14.798</b>	<b>76.71%</b>	
6.0%	2.374	6.89	14.20	51.51%	
	2.373	6.94	14.25	51.30%	
	2.363	7.32	14.60	49.88%	
<b>Promedio</b>	<b>2.370</b>	<b>7.049</b>	<b>14.353</b>	<b>50.90%</b>	
6.5%	2.382	0.50	14.38	96.52%	
	2.394	0.00	13.94	100.01%	
	2.410	-0.66	13.38	104.91%	
<b>Promedio</b>	<b>2.396</b>	<b>-0.053</b>	<b>13.900</b>	<b>100.48%</b>	

Fuente: Propia (2023).





### 3.7.3. Cálculos Desarrollados para la MAC Modificada con Escoria Hierro.

#### A. Cálculo de Densidad Máxima Teórica RICE de la MAC Modificada con Escoria de Hierro Reciclada.

Tabla N°91: Resultados del Ensayo RICE. En las MAC modificada con escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DE LA TESIS:		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA			
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO			
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO			
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	N°	1	2	3	4
		17% Escoria de Hierro			
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1113.00	1101.00	1117.00	1108.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8550.07	8538.07	8554.07	8545.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8095.80	8085.41	8089.00	8081.52
Volumen del Material	cc	454.27	452.66	465.07	463.55
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.45	2.43	2.402	2.39
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	N°	1	2	3	4
		20% Escoria de Hierro			
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1115.00	1100.00	1112.00	1109.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8552.07	8537.07	8549.07	8546.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8095.12	8084.64	8087.00	8083.43
Volumen del Material	cc	456.95	452.43	462.07	462.64
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.44	2.43	2.41	2.397
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	N°	1	2	3	4
		23% Escoria de Hierro			
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1110.00	1098.00	1068.00	1100.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8547.07	8535.07	8505.07	8537.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8093.69	8083.36	8061.00	8077.98
Volumen del Material	cc	453.38	451.71	444.07	459.09
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.45	2.43	2.41	2.40
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	N°	1	2	3	4
		26% Escoria de Hierro			
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1220.00	1136.00	1138.00	1141.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8657.07	8573.07	8575.07	8578.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8184.23	8129.28	8128.00	8127.04
Volumen del Material	cc	472.84	443.79	447.07	451.03
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.58	2.56	2.55	2.53
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00

Fuente: Propia (2023).



B. Cálculo de la Gravedad Específica BULK de la MAC PEN 85/100 Modificada con Escoria de Hierro Reciclada.

Tabla N°92: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 17% de escoria de hierro reciclado.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
<b>FECHA</b>	27/05/2023								
<b>Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 17%</b>									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1193.80	1199.70	1194.00	1194.90	1197.40	1196.70	1196.10	1198.30
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	681.80	685.80	674.50	678.70	674.70	674.70	680.40	680.80
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	512.00	513.90	519.50	516.20	522.70	522.00	515.70	517.50
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.33	2.33	2.30	2.31	2.29	2.29	2.32	2.32
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.320</b>				<b>2.305</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1197.00	1197.50	1197.50	1197.80	1197.00	1197.20	1194.30	1190.50
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	684.40	684.10	686.80	688.00	687.20	686.70	683.80	683.00
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	512.60	513.40	510.70	509.80	509.80	510.50	510.50	507.50
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.34	2.33	2.34	2.35	2.35	2.35	2.34	2.35
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.341</b>				<b>2.345</b>			

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°93: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 20% de escoria de hierro reciclado.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASEALTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
<b>FECHA</b>	27/05/2023								
<b>Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 20%</b>									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1191.40	1198.50	1192.60	1194.10	1193.50	1198.00	1196.80	1196.50
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	678.20	679.90	676.60	677.50	689.00	688.50	677.50	682.60
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	513.20	518.60	516.00	516.60	504.50	509.50	519.30	513.90
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.32	2.31	2.31	2.31	2.37	2.35	2.30	2.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.314</b>				<b>2.337</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1196.10	1194.10	1192.30	1194.80	1192.60	1196.70	1194.00	1195.00
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	688.90	686.30	690.00	692.60	692.30	689.00	693.70	690.50
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	507.20	507.80	502.30	502.20	500.30	507.70	500.30	504.50
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.36	2.35	2.37	2.38	2.38	2.36	2.39	2.37
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.366</b>				<b>2.374</b>			

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°94: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 23% de escoria de hierro reciclado.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
<b>FECHA</b>	27/05/2023								
<b>Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 23%</b>									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1194.20	1195.00	1196.40	1195.60	1197.60	1197.00	1196.80	1195.70
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	685.30	686.20	684.00	683.40	687.80	685.80	690.40	684.90
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	508.90	508.80	512.40	512.20	509.80	511.20	506.40	510.80
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.35	2.35	2.33	2.33	2.35	2.34	2.36	2.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.341</b>				<b>2.349</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1194.00	1196.10	1194.40	1195.20	1193.70	1195.30	1195.70	1197.40
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	692.50	696.00	683.70	688.00	682.20	690.30	687.40	684.50
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	501.50	500.10	510.70	507.20	511.50	505.00	508.30	512.90
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.38	2.39	2.34	2.36	2.33	2.37	2.35	2.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.367</b>				<b>2.347</b>			

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°95: Resultados del Ensayo Gravedad Específica BULK para la MAC modificada con 26% de escoria de hierro reciclado.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
<b>FECHA</b>	27/05/2023								
<b>Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 26%</b>									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1194.20	1192.30	1195.70	1193.20	1193.90	1194.60	1191.60	1195.90
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	687.90	685.80	687.90	688.30	685.80	685.50	682.40	688.30
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	506.30	506.50	507.80	504.90	508.10	509.10	509.20	507.60
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.36	2.35	2.35	2.36	2.35	2.35	2.34	2.36
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.358</b>				<b>2.348</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°1	N°2	N°3	N°4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1193.60	1191.70	1194.00	1192.00	1192.80	1191.40	1192.70	1193.50
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	690.90	689.50	688.80	689.70	692.10	693.80	697.80	691.50
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	502.70	502.20	505.20	502.30	500.70	497.60	494.90	502.00
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.37	2.37	2.36	2.37	2.38	2.39	2.41	2.38
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.371</b>				<b>2.391</b>			

Fuente: Propia (2023).



C. Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 Modificada con Escoria de Hierro Reciclado.

Tabla N°96: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 17% de Escoria de Hierro Reciclado.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>CÁLCULOS DE PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS</b>					
<b>MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 17% DE ESCORIA DE HIERRO</b>					
<b>% DE ASFALT</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VTM</b>	<b>VMA</b>	<b>VFA</b>	
5.0%	2.332	4.83	14.85	67.45%	
	2.335	4.72	14.75	68.01%	
	2.315	5.52	15.47	64.30%	
<b>Promedio</b>	<b>2.327</b>	<b>5.024</b>	<b>15.022</b>	<b>66.59%</b>	
5.5%	2.291	5.82	16.78	65.34%	
	2.319	4.64	15.75	70.52%	
	2.316	4.80	15.88	69.79%	
<b>Promedio</b>	<b>2.309</b>	<b>5.086</b>	<b>16.138</b>	<b>68.55%</b>	
6.0%	2.335	2.77	15.62	82.24%	
	2.345	2.37	15.27	84.47%	
	2.350	2.18	15.10	85.60%	
<b>Promedio</b>	<b>2.343</b>	<b>2.440</b>	<b>15.331</b>	<b>84.10%</b>	
6.5%	2.348	1.77	15.61	88.67%	
	2.339	2.13	15.91	86.65%	
	2.346	1.86	15.69	88.14%	
<b>Promedio</b>	<b>2.344</b>	<b>1.918</b>	<b>15.737</b>	<b>87.82%</b>	

Fuente: Propia (2023).





Tabla N°97: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 20% de Escoria de Hierro Reciclado.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>CÁLCULOS DE PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS</b>					
<b>MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 20% DE ESCORIA DE HIERRO</b>					
<b>% DE ASFALT</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VTM</b>	<b>VMA</b>	<b>VFA</b>	
5.0%	2.322	4.86	15.22	68.08%	
	2.311	5.28	15.60	66.15%	
	2.311	5.27	15.59	66.19%	
<b>Promedio</b>	<b>2.315</b>	<b>5.136</b>	<b>15.469</b>	<b>66.80%</b>	
5.5%	2.366	2.70	14.06	80.81%	
	2.305	5.21	16.28	68.00%	
	2.328	4.24	15.42	72.52%	
<b>Promedio</b>	<b>2.333</b>	<b>4.049</b>	<b>15.255</b>	<b>73.78%</b>	
6.0%	2.358	2.01	14.79	86.42%	
	2.352	2.29	15.03	84.78%	
	2.374	1.37	14.23	90.40%	
<b>Promedio</b>	<b>2.361</b>	<b>1.887</b>	<b>14.682</b>	<b>87.20%</b>	
6.5%	2.384	0.56	14.32	96.12%	
	2.357	1.67	15.28	89.08%	
	2.369	1.19	14.86	92.03%	
<b>Promedio</b>	<b>2.370</b>	<b>1.136</b>	<b>14.823</b>	<b>92.41%</b>	

Fuente: Propia (2023).





Tabla N°98: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 23% de Escoria de Hierro Reciclado.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>CÁLCULOS DE PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS</b>					
<b>MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 23% DE ESCORIA DE HIERRO</b>					
<b>% DE ASFALT</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VTM</b>	<b>VMA</b>	<b>VFA</b>	
5.0%	2.347	4.15	14.30	70.97%	
	2.349	4.07	14.23	71.40%	
	2.335	4.63	14.73	68.56%	
<b>Promedio</b>	<b>2.343</b>	<b>4.285</b>	<b>14.422</b>	<b>70.31%</b>	
5.5%	2.349	3.36	14.66	77.10%	
	2.342	3.67	14.94	75.43%	
	2.363	2.77	14.15	80.40%	
<b>Promedio</b>	<b>2.351</b>	<b>3.267</b>	<b>14.584</b>	<b>77.65%</b>	
6.0%	2.381	1.00	13.97	92.81%	
	2.392	0.55	13.58	95.93%	
	2.339	2.76	15.49	82.21%	
<b>Promedio</b>	<b>2.370</b>	<b>1.438</b>	<b>14.346</b>	<b>90.31%</b>	
6.5%	2.334	2.60	16.12	83.87%	
	2.367	1.22	14.93	91.86%	
	2.352	1.82	15.45	88.20%	
<b>Promedio</b>	<b>2.351</b>	<b>1.880</b>	<b>15.500</b>	<b>87.97%</b>	

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°99: Cálculo de los Parámetros Volumétricos de la MAC modificada con 26% de Escoria de Hierro Reciclado.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>				
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>				
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>CÁLCULOS DE PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS</b>					
<b>MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 26% DE ESCORIA DE HIERRO</b>					
<b>% DE ASFALT</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VTM</b>	<b>VMA</b>	<b>VFA</b>	
5.0%	2.359	3.61	13.86	73.93%	
	2.354	3.81	14.04	72.89%	
	2.355	3.78	14.01	73.04%	
<b>Promedio</b>	<b>2.356</b>	<b>3.732</b>	<b>13.970</b>	<b>73.29%</b>	
5.5%	2.350	3.27	14.64	77.65%	
	2.346	3.41	14.76	76.93%	
	2.340	3.67	14.99	75.54%	
<b>Promedio</b>	<b>2.345</b>	<b>3.448</b>	<b>14.798</b>	<b>76.71%</b>	
6.0%	2.374	6.89	14.20	51.51%	
	2.373	6.94	14.25	51.30%	
	2.363	7.32	14.60	49.88%	
<b>Promedio</b>	<b>2.370</b>	<b>7.049</b>	<b>14.353</b>	<b>50.90%</b>	
6.5%	2.382	0.50	14.38	96.52%	
	2.394	0.00	13.94	100.01%	
	2.410	-0.66	13.38	104.91%	
<b>Promedio</b>	<b>2.396</b>	<b>-0.053</b>	<b>13.900</b>	<b>100.48%</b>	

Fuente: Propia (2023).



D. Cálculo de Factor de Estabilidad de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100  
Modificada con Escoria de Hierro Reciclada.

Tabla N°100: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 17% de  
escoria de hierro reciclado.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD				
NOMBRE DE LA TESIS		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
TESISTAS		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
LUGAR		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
FECHA		27/05/2023		
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra		F.C.
5.0%	1	512.00		1
	2	513.90		1
	3	519.50		1
	4	516.20		1
5.5%	1	522.70		0.96
	2	522.00		1
	3	515.70		1
	4	517.50		1
6.0%	1	512.60		1
	2	513.40		1
	3	510.70		1
	4	509.80		1
6.5%	1	509.80		1
	2	510.50		1
	3	510.50		1
	4	507.50		1.04

Fuente: Propia (2023).





Tabla N°101: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 20% de escoria de hierro reciclado.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD				
NOMBRE DE LA TESIS		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
TESISTAS		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
LUGAR		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
FECHA		27/05/2023		
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra		F.C.
5.0%	1	513.20		1
	2	518.60		1
	3	516.00		1
	4	516.60		1
5.5%	1	504.50		1.04
	2	509.50		1
	3	519.30		1
	4	513.90		1
6.0%	1	507.20		1.04
	2	507.80		1.04
	3	502.30		1.04
	4	502.20		1.04
6.5%	1	500.30		1.04
	2	507.70		1.04
	3	500.30		1.04
	4	504.50		1.04

Fuente: Propia (2023).




Tabla N°102: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 23% de escoria de hierro reciclado.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD				
NOMBRE DE LA TESIS		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
TESISTAS		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
LUGAR		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
FECHA		27/05/2023		
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra		F.C.
5.0%	1	508.90		1
	2	508.80		1
	3	512.40		1
	4	512.20		1
5.5%	1	509.80		1.04
	2	511.20		1
	3	506.40		1.04
	4	510.80		1
6.0%	1	501.50		1.04
	2	500.10		1.04
	3	510.70		1
	4	507.20		1.04
6.5%	1	511.50		1
	2	505.00		1.04
	3	508.30		1
	4	512.90		1

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°103: Resultados del factor de estabilidad para la MAC modificada con 26% de escoria de hierro reciclado.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD				
NOMBRE DE LA TESIS		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
TESISTAS		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
LUGAR		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
FECHA		27/05/2023		
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra		F.C.
5.0%	1	506.30		1.04
	2	506.50		1.04
	3	507.80		1.04
	4	504.90		1.04
5.5%	1	508.10		1
	2	509.10		1
	3	509.20		1
	4	507.60		1.04
6.0%	1	502.70		1.04
	2	502.20		1.04
	3	505.20		1.04
	4	502.30		1.04
6.5%	1	500.70		1.04
	2	497.60		1.04
	3	494.90		1.09
	4	502.00		1.04

Fuente: Propia (2023).





E. Cálculo de la Estabilidad y Flujo Marshall de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 85/100 modificada con escoria de hierro.

**a. Cálculo de estabilidad y flujo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con 17% de escoria hierro**

Tabla N°104: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 17% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	<b>5.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	<b>38.0%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.8%	53.8%	53.8%	<b>53.8%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	<b>3.2%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.80	1199.70	1194.90	<b>1196.13</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	681.80	685.80	678.70	<b>682.10</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	512.00	513.90	516.20	<b>514.03</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.332	2.335	2.315	<b>2.327</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.450	2.450	2.450	<b>2.450</b>	
14	Va - VTM% De Vacios $(100-(12/13)*100)$	4.83	4.72	5.52	<b>5.02</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	14.85	14.75	15.47	<b>15.02</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	67.45	68.01	64.30	<b>66.59</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.51	0.51	0.51	<b>0.51</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	4.53%	4.53%	4.53%	<b>4.5%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	67.45%	68.01%	64.30%	<b>66.59%</b>	
21	Flujo (.01")	12.000	12.000	13.000	<b>12.333</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1611.500	1765.200	1521.800	<b>1632.833</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.30	0.30	0.33	<b>0.31</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22*23$	1611.50	1765.20	1521.80	<b>1632.83</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5287.07	5791.34	4608.72	<b>5212.28</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°105: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 17% de escoria de hierro.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO					
	ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO					
<b>FECHA:</b>	29/05/2023					
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	<b>5.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	<b>37.8%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.5%	53.5%	53.5%	<b>53.5%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	<b>3.2%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.40	1196.10	1198.30	<b>1197.267</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	674.70	680.40	680.80	<b>678.633</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	522.70	515.70	517.50	<b>518.63</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.291	2.319	2.316	<b>2.309</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.432	2.432	2.432	<b>2.432</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	5.82	4.64	4.80	<b>5.09</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	16.78	15.75	15.88	<b>16.14</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	65.34	70.52	69.79	<b>68.55</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.49	0.49	0.49	<b>0.49</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	5.05%	5.05%	5.05%	<b>5.0%</b>	
21	VFA Vacios Llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	65.34%	70.52%	69.79%	<b>68.55%</b>	
21	Flujo (.01")	11.000	12.500	13.000	<b>12.167</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1069.300	1584.400	1465.100	<b>1372.933</b>	
23	Factor de Estabilidad	0.96	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.32	0.33	<b>0.31</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1026.53	1584.40	1465.10	<b>1358.68</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1700 - 4000 (EG - 2013)	3674.04	4990.24	4437.01	<b>4367.10</b>	
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°106: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 17% de escoria de hierro.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO					
	ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO					
<b>FECHA:</b>	29/05/2023					
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	<b>6.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	<b>37.6%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.2%	53.2%	53.2%	<b>53.2%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	<b>3.2%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.00	1197.50	1197.80	<b>1197.433</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	684.40	686.80	688.00	<b>686.400</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	512.60	510.70	509.80	<b>511.03</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.335	2.345	2.350	<b>2.343</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.402	2.402	2.402	<b>2.402</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	2.77	2.37	2.18	<b>2.44</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	15.62	15.27	15.10	<b>15.33</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	82.24	84.47	85.60	<b>84.10</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.62	2.62	2.62	<b>2.62</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.23	0.23	0.23	<b>0.23</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	5.79%	5.79%	5.79%	<b>5.8%</b>	
21	VFA Vacios Llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	82.24%	84.47%	85.60%	<b>84.10%</b>	
21	Flujo (.01")	14.000	13.000	16.000	<b>14.333</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1350.600	1550.900	2096.100	<b>1665.867</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.36	0.33	0.41	<b>0.36</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1350.60	1550.90	2096.10	<b>1665.87</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3798.09	4696.85	5157.73	<b>4550.89</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°107: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 17% de escoria de hierro.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO					
	ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO					
<b>FECHA:</b>	29/05/2023					
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	<b>6.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	<b>37.4%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.9%	52.9%	52.9%	<b>52.9%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	<b>3.2%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.00	1194.30	1190.50	<b>1193.933</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	687.20	683.80	683.00	<b>684.667</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	509.80	510.50	507.50	<b>509.27</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.348	2.339	2.346	<b>2.344</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.390	2.390	2.390	<b>2.390</b>	
14	Va - VTM % De Vacios (100-(12/13)*100)	1.77	2.13	1.86	<b>1.92</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA (100-((12*(100-1))/8	15.61	15.91	15.69	<b>15.74</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(16-14)/16	88.67	86.65	88.14	<b>87.82</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/13)-(1-5))	2.62	2.62	2.62	<b>2.62</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*5(18-15)/18*15)	0.33	0.33	0.33	<b>0.33</b>	
20	% De Asfalto Efectivo 1-((19*(2+3))/100	6.21%	6.21%	6.21%	<b>6.2%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto ((16*14)/16)	88.67%	86.65%	88.14%	<b>87.82%</b>	
21	Flujo (.01")	11.000	13.000	16.000	<b>13.333</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1270.400	1345.900	1421.000	<b>1345.767</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.04		
24	Flujo (cm)	0.28	0.33	0.41	<b>0.34</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1270.40	1345.90	1477.84	<b>1364.71</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1700 - 4000 (EG - 2013)	4546.89	4076.01	3636.42	<b>4029.67</b>	
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).





**b. Cálculo de estabilidad y flujo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente  
PEN 85/100 modificada con 20% de escoria hierro.**

Tabla N°108: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 20% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	<b>5.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	<b>38.0%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.2%	53.2%	53.2%	<b>53.2%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.8%	3.8%	3.8%	<b>3.8%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1191.40	1192.60	1194.10	<b>1192.70</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	678.20	676.60	677.50	<b>677.43</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	513.20	516.00	516.60	<b>515.27</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.322	2.311	2.311	<b>2.315</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.440	2.440	2.440	<b>2.440</b>	
14	Va - VTM% De Vacios (100-(12/13)*100)	4.86	5.28	5.27	<b>5.14</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA (100-((12*(100-1))/8)	15.22	15.60	15.59	<b>15.47</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(16-14)/16	68.08	66.15	66.19	<b>66.80</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/13)-(1-5))	2.62	2.62	2.62	<b>2.62</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*5(18-15)/18*15)	0.32	0.32	0.32	<b>0.32</b>	
20	% De Asfalto Efectivo 1-((19*(2+3))/100)	4.71%	4.71%	4.71%	<b>4.7%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto ((16*14)/16)	68.08%	66.15%	66.19%	<b>66.80%</b>	
21	Flujo (.01")	13.000	12.000	13.000	<b>12.667</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1923.500	1222.000	1232.000	<b>1459.167</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.33	0.30	0.33	<b>0.32</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1923.50	1222.00	1232.00	<b>1459.17</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5825.26	4009.19	3731.07	<b>4535.33</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°109: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 20% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	<b>5.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	<b>37.8%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.9%	52.9%	52.9%	<b>52.9%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.8%	3.8%	3.8%	<b>3.8%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.50	1196.80	1196.50	<b>1195.600</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	689.00	677.50	682.60	<b>683.033</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	504.50	519.30	513.90	<b>512.57</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.366	2.305	2.328	<b>2.333</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.431	2.431	2.431	<b>2.431</b>	
14	Va - VTM % De Vacios (100-(12/13)*100)	2.70	5.21	4.24	<b>4.05</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA (100-((12*(100-1))/8)	14.06	16.28	15.42	<b>15.25</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(16-14)/16	80.81	68.00	72.52	<b>73.78</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/13)-(1-5))	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*5(18-15)/18*15)	0.48	0.48	0.48	<b>0.48</b>	
20	% De Asfalto Efectivo 1-((19*(2+3))/100)	5.07%	5.07%	5.07%	<b>5.1%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto ((16*14)/16)	80.81%	68.00%	72.52%	<b>73.78%</b>	
21	Flujo (.01")	11.000	15.000	14.000	<b>13.333</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1639.300	1269.000	1376.000	<b>1428.100</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.38	0.36	<b>0.34</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1704.87	1269.00	1376.00	<b>1449.96</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	6101.90	3330.71	3869.52	<b>4281.37</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).





Tabla N°110: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 20% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	<b>6.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	<b>37.6%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.6%	52.6%	52.6%	<b>52.6%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.8%	3.8%	3.8%	<b>3.8%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1196.10	1194.10	1192.30	<b>1194.167</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	688.90	686.30	690.00	<b>688.400</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	507.20	507.80	502.30	<b>505.77</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.358	2.352	2.374	<b>2.361</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.407	2.407	2.407	<b>2.407</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	2.01	2.29	1.37	<b>1.89</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.79	15.03	14.23	<b>14.68</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	86.42	84.78	90.40	<b>87.20</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.62	2.62	2.62	<b>2.62</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.32	0.32	0.32	<b>0.32</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	5.71%	5.71%	5.71%	<b>5.7%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	86.42%	84.78%	90.40%	<b>87.20%</b>	
21	Flujo (.01")	14.000	12.000	12.000	<b>12.667</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1425.000	1286.000	1367.200	<b>1359.400</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.36	0.30	0.30	<b>0.32</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1482.00	1337.44	1421.89	<b>1413.78</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4167.60	4387.93	4664.99	<b>4394.25</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°111: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 20% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	<b>6.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	<b>37.4%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.4%	52.4%	52.4%	<b>52.4%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.7%	3.7%	3.7%	<b>3.7%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1192.60	1196.70	1195.00	<b>1194.767</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	692.30	689.00	690.50	<b>690.600</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	500.30	507.70	504.50	<b>504.17</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.384	2.357	2.369	<b>2.370</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.397	2.397	2.397	<b>2.397</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	0.56	1.67	1.19	<b>1.14</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	14.32	15.28	14.86	<b>14.82</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	96.12	89.08	92.03	<b>92.41</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.46	0.46	0.46	<b>0.46</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	6.09%	6.09%	6.09%	<b>6.1%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	96.12%	89.08%	92.03%	<b>92.41%</b>	
21	Flujo (.01")	14.000	13.000	15.000	<b>14.000</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1591.000	1129.500	1502.300	<b>1407.600</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.36	0.33	0.38	<b>0.36</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1654.64	1174.68	1562.39	<b>1463.90</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4653.09	3557.48	4100.77	<b>4116.72</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



**c. Cálculo de estabilidad y flujo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente  
PEN 85/100 modificada con 23% de escoria hierro.**

Tabla N°112: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 23% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
		ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	<b>5.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	<b>38.0%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.6%	52.6%	52.6%	<b>52.6%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.4%	4.4%	4.4%	<b>4.4%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.20	1195.00	1196.40	<b>1195.20</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	685.30	686.20	684.00	<b>685.17</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	508.90	508.80	512.40	<b>510.03</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.347	2.349	2.335	<b>2.343</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.448	2.448	2.448	<b>2.448</b>	
14	Va - VTM% De Vacios (100-(12/13)*100)	4.15	4.07	4.63	<b>4.28</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA (100-((12*(100-1))/8)	14.30	14.23	14.73	<b>14.42</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(16-14)/16	70.97	71.40	68.56	<b>70.31</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/13)-(1-5))	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*5(18-15)/18*15)	0.47	0.47	0.47	<b>0.47</b>	
20	% De Asfalto Efectivo 1-((19*(2+3))/100)	4.57%	4.57%	4.57%	<b>4.6%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto ((16*14)/16)	70.97%	71.40%	68.56%	<b>70.31%</b>	
21	Flujo (.01")	14.000	14.000	13.000	<b>13.667</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1532.600	1136.000	1063.000	<b>1243.867</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.36	0.36	0.33	<b>0.35</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1532.60	1136.00	1063.00	<b>1243.87</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4309.90	3194.60	3219.26	<b>3583.25</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°113: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 23% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	<b>5.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	<b>37.8%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.4%	52.4%	52.4%	<b>52.4%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.3%	4.3%	4.3%	<b>4.3%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.60	1197.00	1196.80	<b>1197.133</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	687.80	685.80	690.40	<b>688.000</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	509.80	511.20	506.40	<b>509.13</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.349	2.342	2.363	<b>2.351</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.431	2.431	2.431	<b>2.431</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	3.36	3.67	2.77	<b>3.27</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	14.66	14.94	14.15	<b>14.58</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	77.10	75.43	80.40	<b>77.65</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.46	0.46	0.46	<b>0.46</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	5.08%	5.08%	5.08%	<b>5.1%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	77.10%	75.43%	80.40%	<b>77.65%</b>	
21	Flujo (.01")	12.000	12.000	15.000	<b>13.000</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1546.600	1262.000	1381.000	<b>1396.533</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.00	1.04		
24	Flujo (cm)	0.30	0.30	0.38	<b>0.33</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22*23$	1608.46	1262.00	1436.24	<b>1435.57</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5277.11	4140.42	3769.66	<b>4347.57</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).





Tabla N°114: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 23% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
<b>Numero de Briquetas</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	<b>6.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	<b>37.6%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.1%	52.1%	52.1%	<b>52.1%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.3%	4.3%	4.3%	<b>4.3%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.00	1196.10	1194.40	<b>1194.833</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	692.50	696.00	683.70	<b>690.733</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	501.50	500.10	510.70	<b>504.10</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.381	2.392	2.339	<b>2.370</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.405	2.405	2.405	<b>2.405</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	1.00	0.55	2.76	<b>1.44</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	13.97	13.58	15.49	<b>14.35</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	92.81	95.93	82.21	<b>90.31</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.62	2.62	2.62	<b>2.62</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.29	0.29	0.29	<b>0.29</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	5.74%	5.74%	5.74%	<b>5.7%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	92.81%	95.93%	82.21%	<b>90.31%</b>	
21	Flujo (.01")	14.000	15.000	14.000	<b>14.333</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1683.000	1243.000	1812.000	<b>1579.333</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.00		
24	Flujo (cm)	0.36	0.38	0.36	<b>0.36</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1750.32	1292.72	1812.00	<b>1618.35</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4922.16	3392.97	5095.61	<b>4445.19</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°115: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 23% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	<b>6.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	<b>37.4%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.8%	51.8%	51.8%	<b>51.8%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.3%	4.3%	4.3%	<b>4.3%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.70	1195.30	1195.70	<b>1194.900</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	682.20	690.30	687.40	<b>686.633</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	511.50	505.00	508.30	<b>508.27</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.334	2.367	2.352	<b>2.351</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.396	2.396	2.396	<b>2.396</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	2.60	1.22	1.82	<b>1.88</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	16.12	14.93	15.45	<b>15.50</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	83.87	91.86	88.20	<b>87.97</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.44	0.44	0.44	<b>0.44</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	6.11%	6.11%	6.11%	<b>6.1%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	83.87%	91.86%	88.20%	<b>87.97%</b>	
21	Flujo (.01")	15.000	13.000	13.000	<b>13.667</b>	
22	Estabilidad (Kg)	939.400	989.000	1110.000	<b>1012.800</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.04	1.00		
24	Flujo (cm)	0.38	0.33	0.33	<b>0.35</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	939.40	1028.56	1110.00	<b>1025.99</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	2465.62	3114.96	3361.60	<b>2955.60</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).





**d. Cálculo de estabilidad y flujo Marshall de la mezcla asfáltica en caliente  
PEN 85/100 modificada con 26% de escoria hierro.**

Tabla N°116: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.0% de asfalto y 26% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
		ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	<b>5.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	<b>38.0%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.1%	52.1%	52.1%	<b>52.1%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.9%	4.9%	4.9%	<b>4.9%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.20	1192.30	1195.70	<b>1194.07</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	687.90	685.80	687.90	<b>687.20</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	506.30	506.50	507.80	<b>506.87</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.359	2.354	2.355	<b>2.356</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.447	2.447	2.447	<b>2.447</b>	
14	Va - VTM % De Vacios (100-(12/13)*100)	3.61	3.81	3.78	<b>3.73</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA (100-((12*(100-1))/8)	13.86	14.04	14.01	<b>13.97</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(16-14)/16	73.93	72.89	73.04	<b>73.29</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/13)-(1-5))	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*5(18-15)/18*15)	0.45	0.45	0.45	<b>0.45</b>	
20	% De Asfalto Efectivo 1-((19*(2+3))/100)	4.59%	4.59%	4.59%	<b>4.6%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto ((16*14)/16)	73.93%	72.89%	73.04%	<b>73.29%</b>	
21	Flujo (.01")	15.000	11.000	14.000	<b>13.333</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1460.300	1059.400	1361.300	<b>1293.667</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.38	0.28	0.36	<b>0.34</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1518.71	1101.78	1415.75	<b>1345.41</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3986.12	3943.36	3981.30	<b>3972.68</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°117: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 5.5% de asfalto y 26% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	<b>5.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	<b>37.8%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.8%	51.8%	51.8%	<b>51.8%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.9%	4.9%	4.9%	<b>4.9%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.90	1194.60	1191.60	<b>1193.367</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	685.80	685.50	682.40	<b>684.567</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	508.10	509.10	509.20	<b>508.80</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.350	2.346	2.340	<b>2.345</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.429	2.429	2.429	<b>2.429</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	3.27	3.41	3.67	<b>3.45</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	14.64	14.76	14.99	<b>14.80</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	77.65	76.93	75.54	<b>76.71</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.43	0.43	0.43	<b>0.43</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	5.11%	5.11%	5.11%	<b>5.1%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	77.65%	76.93%	75.54%	<b>76.71%</b>	
21	Flujo (.01")	11.000	11.500	12.000	<b>11.500</b>	
22	Estabilidad (Kg)	985.400	1041.500	860.700	<b>962.533</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.29	0.30	<b>0.29</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	985.40	1041.50	860.70	<b>962.53</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3526.84	3565.56	2823.82	<b>3295.22</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°118: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.0% de asfalto y 26% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	<b>6.0%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	<b>37.6%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.5%	51.5%	51.5%	<b>51.5%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.89%	4.89%	4.89%	<b>4.9%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.60	1191.70	1194.00	<b>1193.100</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	690.90	689.50	688.80	<b>689.733</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	502.70	502.20	505.20	<b>503.37</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.374	2.373	2.363	<b>2.370</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.550	2.550	2.550	<b>2.550</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	6.89	6.94	7.32	<b>7.05</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	14.20	14.25	14.60	<b>14.35</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	51.51	51.30	49.88	<b>50.90</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.81	2.81	2.81	<b>2.81</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	2.93	2.93	2.93	<b>2.93</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	3.39%	3.39%	3.39%	<b>3.4%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	51.51%	51.30%	49.88%	<b>50.90%</b>	
21	Flujo (.01")	12.000	13.000	12.000	<b>12.333</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1208.300	1131.300	1073.700	<b>1137.767</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.30	0.33	0.30	<b>0.31</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1256.63	1176.55	1116.65	<b>1183.28</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4122.81	3563.15	3663.54	<b>3777.22</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°119: Cálculos de la estabilidad y flujo marshall de la MAC con 6.5% de asfalto y 26% de escoria de hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	<b>6.5%</b>	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	<b>37.4%</b>	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.2%	51.2%	51.2%	<b>51.2%</b>	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.86%	4.86%	4.86%	<b>4.9%</b>	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	<b>1.050</b>	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	<b>2.619</b>	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	<b>2.590</b>	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.601	2.601	2.601	<b>2.601</b>	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1192.80	1191.40	1192.70	<b>1192.300</b>	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	692.10	693.80	697.80	<b>694.567</b>	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	500.70	497.60	494.90	<b>497.73</b>	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.382	2.394	2.410	<b>2.396</b>	
13	Peso Especifico Maximo ASTMD - 2041	2.394	2.394	2.394	<b>2.394</b>	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	0.50	0.00	-0.66	<b>-0.05</b>	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	<b>2.60</b>	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	14.38	13.94	13.38	<b>13.90</b>	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	96.52	100.01	104.91	<b>100.48</b>	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	<b>2.63</b>	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.40	0.40	0.40	<b>0.40</b>	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	6.14%	6.14%	6.14%	<b>6.1%</b>	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	96.52%	100.01%	104.91%	<b>100.48%</b>	
21	Flujo (.01")	12.000	14.000	13.000	<b>13.000</b>	
22	Estabilidad (Kg)	1079.600	1593.400	1334.600	<b>1335.867</b>	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.09		
24	Flujo (cm)	0.30	0.36	0.33	<b>0.33</b>	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1122.78	1657.14	1454.71	<b>1411.54</b>	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3683.67	4660.11	4405.55	<b>4274.82</b>
<b>OBSERVACION</b>						

Fuente: Propia (2023).





F. Cálculo de la Resistencia a la Compresión Simple de la Mezcla Asfáltica en Caliente Patrón y la Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con Escoria de Hierro elaboradas con Cemento Asfáltico PEN 85/100.

Tabla N°120: Resistencia a la Compresión Simple de las MAC Patrón y Modificada con Escoria de Hierro.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE MEZLAS ASFÁLTICAS</b>									
NOMBRE DE LA TESIS	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTA	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO								
FECHA:	14/06/2023								
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA PATRON</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.5%	9.95	9.96	9.96	5.90	77.835	5523.10	70.96	71.02
2		9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	5527.60	71.09	
3	6.0%	9.94	9.90	9.92	6.40	77.288	5764.80	74.59	74.32
4		10.00	9.90	9.95	6.50	77.756	5758.70	74.06	
5	6.5%	9.9	10.1	10.00	6.5	78.540	8955.40	114.02	115.14
6		9.90	9.90	9.90	6.50	76.977	8948.30	116.25	
7	7.0%	9.9	10.1	10.00	6.3	78.540	10000.90	127.34	127.32
8		10.00	10.00	10.00	6.20	78.540	9997.70	127.29	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 17% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1.00	0.05	9.90	9.90	9.90	6.60	76.98	6156.20	79.97	79.74
2.00		9.90	9.90	9.90	6.10	76.98	6120.70	79.51	
3.00	0.06	9.90	10.00	9.95	6.50	77.76	7933.30	102.03	102.45
4.00		9.90	9.90	9.90	6.40	76.98	7918.50	102.87	
5.00	0.06	9.90	9.90	9.90	6.40	76.98	9403.40	122.16	121.12
6.00		9.90	10.10	10.00	6.30	78.54	9430.80	120.08	
7.00	0.07	9.90	10.00	9.95	6.40	77.76	8454.50	108.73	109.59
8.00		9.90	9.90	9.90	6.20	76.98	8502.20	110.45	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 20% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	9.90	9.90	6.30	76.977	9070.60	117.84	116.71
2		9.95	9.96	9.96	5.90	77.835	8995.80	115.58	
3	5.5%	10.00	10.00	10.00	6.30	78.540	9984.00	127.12	127.55
4		9.94	9.90	9.92	6.40	77.288	9890.70	127.97	
5	6.0%	9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	10175.50	132.19	130.97
6		9.90	10.10	10.00	6.30	78.540	10190.00	129.74	
7	6.5%	9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	11042.80	143.46	141.98
8		9.90	10.10	10.00	6.50	78.540	11035.50	140.51	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 23% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	8215.10	106.72	106.29
2		9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	8231.90	105.87	
3	5.5%	9.90	9.90	9.90	6.40	76.977	10927.40	141.96	142.45
4		9.90	9.90	9.90	6.40	76.977	11003.20	142.94	
5	6.0%	9.90	10.10	10.00	6.30	78.540	10288.70	131.00	131.83
6		9.90	10.00	9.95	6.50	77.756	10315.30	132.66	
7	6.5%	9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	10786.20	140.12	136.06
8		9.90	9.90	9.90	6.60	76.977	10161.30	132.00	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 26% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fc (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	9837.90	126.52	126.45
2		9.90	9.90	9.90	6.30	76.977	9728.80	126.39	
3	5.5%	10.00	9.90	9.95	6.50	77.756	9233.00	118.74	119.07
4		9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	9191.60	119.41	
5	6.0%	9.90	9.90	9.90	6.50	76.977	10232.70	132.93	133.12
6		9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	10261.30	133.30	
7	6.5%	10.00	10.00	10.00	6.20	78.540	9959.10	126.80	126.97
8		10.00	10.00	10.00	6.30	78.540	9984.80	127.13	

Fuente: Propia (2023).



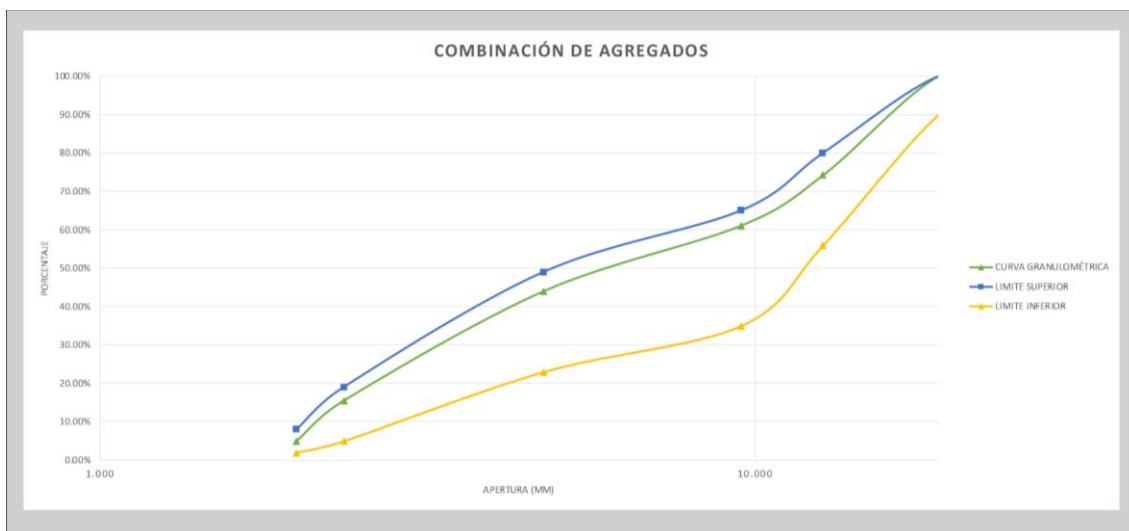
4. Capítulo IV: Resultados de la Investigación
  - 4.1. Resultados a lo largo del desarrollo de la investigación
    - A. Ensayo de Análisis Granulométrico de Agregado Pétreo de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°121: Resultados de Combinación de Agregados según diseño D3515.

DATOS	AGREGADO GRUESO			40.00%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA			40.00%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL		20.00%
	ABERTURA (mm)	TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO GRUESO	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	PORCENTAJE QUE PASA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	PORCENTAJE RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - AGREGADOS GRUESO	PORCENTAJE RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA TRITURADA	PORCENTAJE RETENIDO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS - ARENA NATURAL	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	ESPECIFICACIONES - D4 - 3515	
			A - G	B - T	C - N	D	E	F	G		
25.000	1"	100.00%	100.00%	100.00%	40.00%	40.00%	20.00%	100.00%	100%	100%	
19.050	3/4"	100.00%	100.00%	100.00%	40.00%	40.00%	20.00%	100.00%	90%	100%	
12.700	1/2"	63.81%	100.00%	100.00%	25.53%	40.00%	20.00%	85.53%			
9.525	3/8"	35.84%	100.00%	99.63%	14.34%	40.00%	19.93%	74.26%	56%	80%	
4.760	N° 4	12.19%	90.84%	99.49%	4.88%	36.34%	19.90%	61.11%	35%	65%	
2.360	N° 8	0.00%	60.52%	99.19%	0.00%	24.21%	19.84%	44.04%	23%	49%	
2.000	N° 16	0.00%	43.97%	97.48%	0.00%	17.59%	19.50%	37.08%			
0.600	N° 30	0.00%	33.95%	82.20%	0.00%	13.58%	16.44%	30.02%			
0.300	N° 50	0.00%	24.18%	29.44%	0.00%	9.67%	5.89%	15.56%	5%	19%	
0.149	N° 100	0.00%	14.17%	7.86%	0.00%	5.67%	1.57%	7.24%			
0.074	N° 200	0.00%	10.57%	4.09%	0.00%	4.23%	0.82%	5.05%	2%	8%	

Fuente: Propia (2023).

Tabla N°122: Curva Granulométrica de la Combinación de Agregados.



Fuente: Propia (2023).





Análisis del Ensayo:

Los resultados del ensayo de granulometría de los agregados combinados (Agregado Fino y Agregado Grueso) provenientes de la Cantera Morro Blanco, Cusco; se encuentran retenidos en los tamices comprendidos entre N°1” y N°200 acorde a lo estipulado en la norma MTC E-204 para agregado grueso y fino respectivamente.

Los límites superior e inferior se encuentran dados de acuerdo al diseño de mezcla empleado para la presente investigación, en la cual se empleó el diseño ASTM D 3515, cuyos valores mínimos y máximos se encuentran graficados en la combinación antes presentada.

Los resultados provenientes de la evaluación de nuestro agregado proveniente de la Cantera Morro Blanco nos indica que cumple con lo indicado en el diseño ASTM D 3515, al estar dentro de los límites superior e inferior respectivamente. Por lo tanto, nuestro agregado no requiere ningún tipo de corrección y es adecuado para el diseño elegido en el presente trabajo de investigación.

B. Ensayo de Peso Específico de Agregado Pétreo Grueso de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°123: Resultados de Ensayo de Peso específico de Agregado Grueso.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO					
Símbolo	Descripción	Unidad	1	2	Promedio
A	Peso de la muestra seca en el aire	gr.	2540.00	2625.00	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	2563.00	2650.00	
C	Peso en el agua de la muestra saturada	gr.	1593.40	1647.20	
Pem (A/(B-C))	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.620	2.618	2.619
PeSSS (B/(B-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.643	2.643	2.643
Pea(A/(A-C))	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.683	2.685	2.684
Ab (((B-A)/A)*100)	Absorción	%	0.906	0.952	0.929
RESULTADO DEL ENSAYO					
PESO ESPECIFICO DE LA MASA		2.62			gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCIÓN		0.93			(%)
REQUERIMIENTO					
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño			(%)
EG. 2013		1.00 % max.			(%)
OBSERVACION					

Fuente: Propia (2023).



Análisis del Ensayo:

Los resultados obtenidos del Ensayo de Peso específico y Absorción del Agregado Grueso proveniente de la cantera de Morro Blanco corresponden a los los valores de 2.62 g/cm<sup>3</sup> para el peso específico de la masa y un porcentaje de absorción de 0.93%, cumpliendo con lo establecido en Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013” del MTC del Perú, el cual indica que el porcentaje máximo de absorción es del 1% para altitudes mayores a 3000 m.s.n.m.

C. Ensayo de Peso Específico de Agregado Pétreo Fino - Arena Triturada y Arena Natural de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°124: Resultados de Ensayo de Peso específico de Agregado Fino.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valores
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	296.30
B	Peso del picnómetro con agua	gr	745.20
C	Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración	gr	930.80
D	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	300.00
Pem (A/(B+D-C))	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.59
PeSSS (D/(B+D-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.62
Pea (A/(B+A-C))	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.68
Ab (((D-A)/A)*100)	Absorción	%	1.25
RESULTADO DE DESGASTE			
PESO ESPECIFICO DE LA MASA		2.59	gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION		1.25	(%)
REQUERIMIENTO			
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño	(%)
EG. 2013		0.5% max.	(%)
OBSERVACION			
CUMPLE			

Fuente: Propia (2023).



Análisis del Ensayo:

Los resultados obtenidos del Ensayo de Peso específico y Absorción del Agregado Fino proveniente de la cantera de Morro Blanco corresponden a los valores de 2.59 g/cm<sup>3</sup> para el peso específico de la masa y un porcentaje de absorción de 1.25%, los cuales no cumplen con lo establecido en Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013” del MTC, sin embargo se encuentra dentro de los parámetros de diseño para altitudes mayores a 3000 m.s.n.m. de la norma C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú.

D. Ensayo de Abrasión de los Ángeles al Desgaste de los Agregados de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°125: Resultados de Ensayo de Abrasión al desgaste de los Agregados.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO				
QUE PASA		RETENIDO SOBRE		GRADACION
Tamiz	mm.	Tamiz	mm.	B
1"	25.00	3/4"	19.05	
3/4"	19.05	1/2"	12.70	2500.20
1/2"	12.70	3/8"	9.53	2502.10
3/8"	9.53	1/4"	6.35	
1/4"	6.35	N° 4	4.76	
<b>TOTAL (A) B1+B2+...</b>				5002.30
<b>PESO RETENIDO EN EL TAMIZ N°12 (C.)</b>				3925.00
<b>N° DE ESFERAS</b>				11
<b>N° DE REVOLUCIONES</b>				500
<b>TIEMPO DE ROTACION</b>				15 min
<b>PESO DEL MATERIAL DESGASTADO (D=A-C)</b>				1077.30
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>				
% DE ABRASION - ENSAYO = (D/A)*100			21.5360934	(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>				
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS			35 % max.	(%)
EG. 2013			35 % max.	(%)
<b>OBSERVACION</b>				
El material procedente de la cantera Morro Blanco, posee un desgaste a la abrasión de 21.5% no excediendo el límite máximo establecido por la norma CE.010. Lo cual indica que el material es adecuado.				

Fuente: Propia (2023).



Análisis del Ensayo:

El Agregado Proveniente de la cantera de Morro Blanco posee las características granulométricas correspondientes al “Método B” del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016), el cual establece el uso de once (11 und.) esferas metálicas y el número de revoluciones de 500 y la cantidad de material de 5002.30 g.

El resultado de resistencia a la abrasión de Los Ángeles del agregado grueso proveniente de la cantera de Morro Blanco nos da un valor de 21.54% el cual se encuentra dentro de los valores óptimos estipulados en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y la Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.

E. Ensayo para Determinar el Índice de Aplanamiento y Alargamiento del Agregado Grueso de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°126: Resultados del Ensayo para Determinar el Índice de Aplanamiento y Alargamiento del agregado grueso.

INDICE DE ALARGAMIENTO						
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS ALARGADAS		PROEMDIO G = F*D
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466	54.02	33.5	2.29	123.43
1/2"	3/8"	948	34.93	29.5	3.11	108.70
3/8"	1/4"	300	11.05	11.6	3.87	42.74
	TOTAL (C)	2714	100.00	74.6	Rpt: H1=(G1+G2...)/C2	2.75
INDICE DE APLANAMIENTO						
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS APLANADAS		PROEMDIO
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466	54.02	28.3	1.93	104.27
1/2"	3/8"	948	34.93	34.2	3.61	126.01
3/8"	1/4"	300	11.05	14.6	4.87	53.80
	TOTAL (C)	2714	100.00	77.1	Rpt: H2=(G1+G2...)/C2	2.84
RESULTADOS						
INDICE DE APLANAMIENTO				2.84		5.59
INDICE DE ALARGAMIENTO				2.75		
REQUERIMIENTO						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS				10		%
EG. 2013				10		%
OBSERVACION						
Las partículas provenientes de la Cantera Morro Blanco, cumplen con los parámetros requeridos según la norma.						

Fuente: Propia (2023).



Análisis del Ensayo:

El Agregado Pétreo Grueso proveniente de la cantera de Morro Blanco, presenta un índice de aplanamiento de 2.84% y un índice de alargamiento de 2.75%. Siendo el resultado del ensayo de 5.59%. el cual se encuentra dentro del valor máximo especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y la Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC, en los que el valor máximo es de 10%.

F. Método de Ensayo Estándar Para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°127: Resultados del Ensayo para Determinar el Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso.

CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = (B/A)*100$	D	$E = C*D$
3/4"	1/2"	1920	60	3.13	0.36	1.13
1/2"	3/8"	3251	74	2.28	0.28	0.64
3/8"	1/4"	1425	35	2.46	0.05	0.11
TOTAL (C.)		6596			0.69	1.88
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURA (F1-C5/C4)						2.7
CON DOS A MAS CARAS FRACTURADAS						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
		A	B	$C = (B/A)*100$	D	$E = C*D$
1/2"	3/8"	1920	1838	95.73	0.36	34.64
3/8"	1/4"	3251	3158	97.14	0.28	27.17
1/4"	N°4	1425	1376	96.56	0.05	4.36
TOTAL (C.)		6596			0.69	66.17
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURAS (F2-C5/C4)						96.4
RESULTADOS						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA						99.09
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS						96.36
REQUERIMIENTO						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA (C.010 PAV. URBANOS)						85%
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS (C.010 PAV. URBANOS)						70%
OBSERVACION						
SI CUMPLE						

Fuente: Propia (2023).



Análisis del Ensayo:

El Agregado Pétreo Grueso proveniente de la cantera de Morro Blanco, presenta un porcentaje de partículas con una cara fracturada de 99.09% y el porcentaje de partículas fracturadas con dos o más caras fracturadas de 96.36%, valores que se encuentran dentro de los parámetros referentes al número de caras fracturadas de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC, el cual indica que el porcentaje mínimo de partículas con una cara fracturada sea de 91.3% y de dos a más caras fracturadas sea de 84.7%. Y a los valores especificados en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú que nos indica que el porcentaje mínimo de partículas con una cara fracturada sea de 85% y de dos a más caras fracturadas sea de 70%.

G. Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Grueso de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°128: Resultados de Ensayo para Determinar la Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Grueso.

ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO AL SULFATO DE MAGNESIO							
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
					gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	
		A	B	D=(A/C)			G=D*F
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	675.4	655	51.49%	20.4	3.02%	1.56%
1/2"	3/8"	334.1	318	25.47%	16.1	4.82%	1.23%
3/8"	N°4	302.2	280	23.04%	22.2	7.35%	1.69%
		1311.7	1253		PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		4.48%
RESULTADOS							
PERDIDA TOTAL						4.48%	(%)
REQUERIMIENTO							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS						15% max.	(%)
EG. 2013						15% max.	(%)
OBSERVACION							
SI CUMPLE							

Fuente: Propia (2023).





Análisis del Ensayo:

El Agregado Pétreo Grueso proveniente de la cantera de Morro Blanco, indica resultados de 4.48% de resistencia a la Solución de Sulfato de Magnesio. Valor que se encuentra por debajo del límite establecido en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC y el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú correspondiente al 15% en cada uno.

H. Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Fino - Arena Triturada de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°129: Resultados de Ensayo para Determinar la Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Fino - Arena Triturada.

ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA - AL SULFATO DE MAGNESIO							
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
					gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	
		A	B	D=(A/C)			G=D*F
3/8"	N°4	161	146	100.00%	15	9.32%	0.09
	N°4	154	151	95.65%	3	1.95%	0.02
	N°8	154	151	95.65%	3	1.95%	0.02
	N°16	153	145	95.03%	8	5.23%	0.05
	N°30	161	157	100.00%	4	2.48%	0.02
					PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		13.04%
RESULTADOS							
PERDIDA TOTAL						13.04%	(%)
REQUERIMIENTO							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS						15% max.	(%)
EG. 2013						15% max.	(%)
OBSERVACION							
CUMPLE							

Fuente: Propia (2023).



Análisis del Ensayo:

El Agregado Pétreo Fino - Arena Triturada proveniente de la cantera de Morro Blanco, indica resultados de 13.04% de resistencia a la Solución de Sulfato de Magnesio. Valor que se encuentra por debajo del límite establecido en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC y el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú correspondiente al 15% en cada uno.

I. Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Fino - Arena Natural de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°130: Resultados de Ensayo para Determinar la Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Pétreo Fino - Arena Natural.

ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL - AL SULFATO DE MAGNESIO							
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
					gr. E=(A-B)	% F=(E/A)	
		A	B	D=(A/C)			G=D*F
3/8"	N°4	164	142	102.50%	22	13.41%	0.14
	N°4	169	168	105.63%	1	0.59%	0.01
	N°8	166	166	103.75%	0	0.00%	0.00
	N°16	164	103	102.50%	61	37.20%	0.38
	N°30	160	136	100.00%	24	15.00%	0.15
					PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		14.38%
RESULTADOS							
PERDIDA TOTAL						14.38%	(%)
REQUERIMIENTO							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS						15% max.	(%)
EG. 2013						15% max.	(%)
OBSERVACIÓN							
CUMPLE							

Fuente: Propia (2023).



Análisis del Ensayo:

El Agregado Pétreo Fino - Arena Natural proveniente de la cantera de Morro Blanco, indica resultados de 14.38% de resistencia a la Solución de Sulfato de Magnesio. Valor que se encuentra por debajo del límite establecido en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC y el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú correspondiente al 15% en cada uno.

J. Método de Ensayo Estándar Para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino de la Cantera Morro Blanco, Cusco - 2023.

Tabla N°131: Resultados de Ensayo para Determinar valor de Equivalente de Arena del Agregado Pétreo Fino.

EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL / ARENA TRITURADA						
	ARENA NATURAL			ARENA TRITURADA		
NUMERO DE MUESTRAS	1	2	3	1	2	3
TIEMPO DE REPOSO	08:22	08:24	08:26	02:26	02:27	02:28
	08:32	08:34	08:36	02:36	02:37	02:38
TIEMPO DE IRRIGACIÓN	00:02	00:02	00:02	00:02	00:05	00:06
TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN	08:34	08:36	08:38	02:38	02:42	02:44
	08:54	08:56	08:58	02:58	03:02	03:04
LECTURA ARCILLA	5.8	5.8	5.9	4.2	4.2	4.4
LECTURA ARENA	3.7	3.6	3.6	3.3	3.7	3.3
RESULTADOS PARCIALES	63.79%	62.07%	61.02%	78.57%	88.10%	75.00%
PROMEDIO	62.3%			80.6%		
RESULTADOS						
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL				62.29%	%	
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA				80.56%	%	
REQUERIMIENTO						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS					50% min.	%
EG. 2013					70% min	%
OBSERVACIÓN						
CUMPLE						

Fuente: Propia (2023).

Análisis del Ensayo:

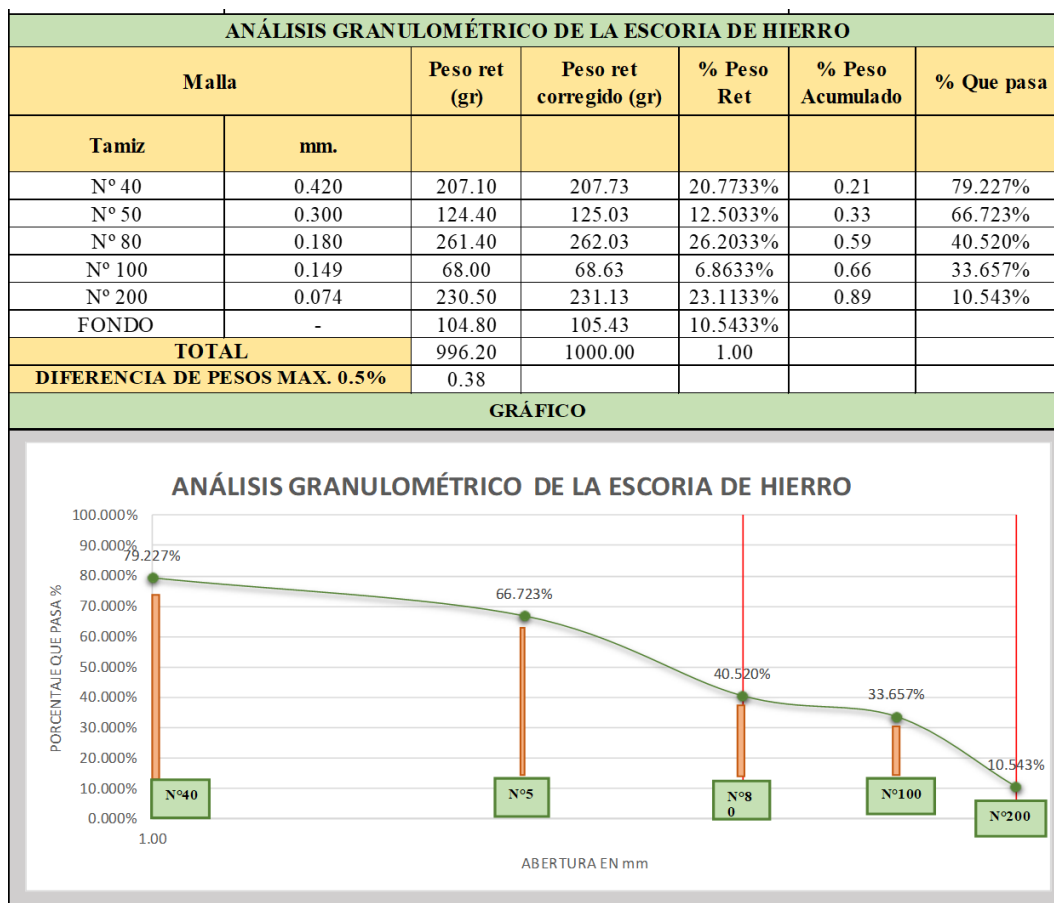
El Agregado Pétreo Fino proveniente de la cantera de Morro Blanco, indica resultados de 62.29% de Equivalente de Arena Natural y 80.56% de Equivalente de Arena Triturada. Valores que no se encuentran dentro del límite requerido en el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013” del MTC. Sin embargo, para temas de diseño el reglamento C.E.010 para Pavimentos



Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú nos indica un valor de 50% mínimo, por lo cual los valores arrojados por nuestro agregado pétreo fino cumplen con esta normativa.

K. Ensayo de Análisis Granulométrico de Escoria de Hierro Reciclado de los Talleres de Soldadura y Mecánica, Cusco - 2023.

Tabla N°132: Resultados del Ensayo de Análisis Granulométrico de Escoria de Hierro de los Talleres de Soldadura y Mecánica del Cusco.



Fuente: Propia (2023).

Análisis del Ensayo:

Los resultados del ensayo de granulometría de la Escoria de Hierro Reciclado proveniente de los talleres de Soldadura y Mecánica de la ciudad del Cusco; se desarrolló de acuerdo a los tamices estipulados en la norma MTC E-204 correspondientes a Agregado Pétreo Fino comprendidos entre los N° 40 al N° 200 ya



que el tamaño de escoria a emplear en el presente trabajo de investigación se encuentra dentro de los tamaños de partícula de los tamices detallados anteriormente.

Producto del tamizado y pesado detallado en el procedimiento de ejecución de la norma MTC E-204 nuestra curva granulométrica de Escoria de Hierro Reciclado se encuentra dentro de los límites superior e inferior respectivamente indicados en el diseño ASTM D 3515, por lo cual su adición al diseño de Mezcla Asfáltica Modificada planteada en el presente trabajo de investigación se encuentra bajo los requisitos de la normativa vigente en el Perú.

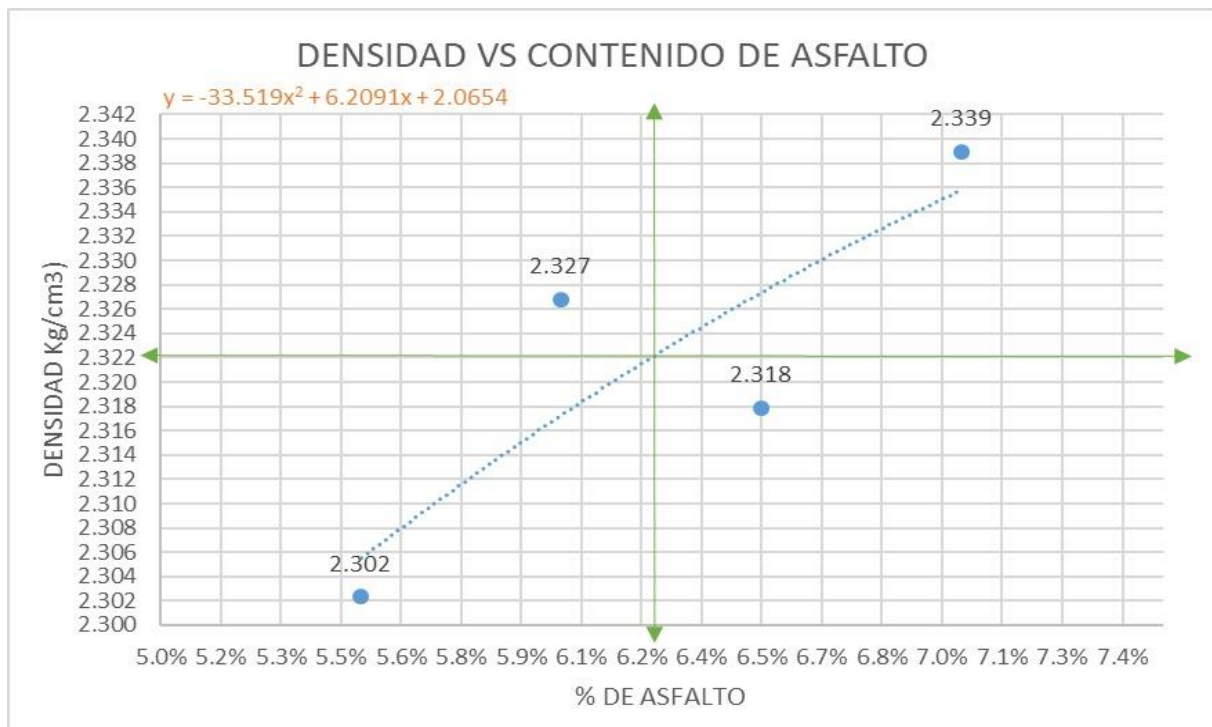
L. Cálculo del Contenido Óptimo de Asfalto para Mezcla Asfáltica en Caliente Patrón Elaborada con Cemento Asfáltico PEN 85/100, Cusco - 2023.

Tabla N°133: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.

% ASFALTO	DENSIDAD	VTM	VMA	VFA	ESTABILIDAD (KG)	ESTABILIDAD (KN)	FLUJO	ESTABILIDAD /FLUJO	% Asfalto. Aprox	
5.5%	2.302	5.599	16.364	65.82%	1566.63	15.36	12.00	5139.87	Est. Max	5.50
6.0%	2.327	3.929	15.924	75.35%	1445.90	14.18	12.00	4743.77	Densi Max.	7.00
6.5%	2.318	3.632	16.691	78.42%	1391.00	13.64	12.67	4323.46	Al 4% de vac.	6.18
7.0%	2.339	2.084	16.382	87.40%	1513.27	14.84	16.67	3574.65	<b>METODO 2</b>	<b>6.23</b>

Fuente: Propia (2023).

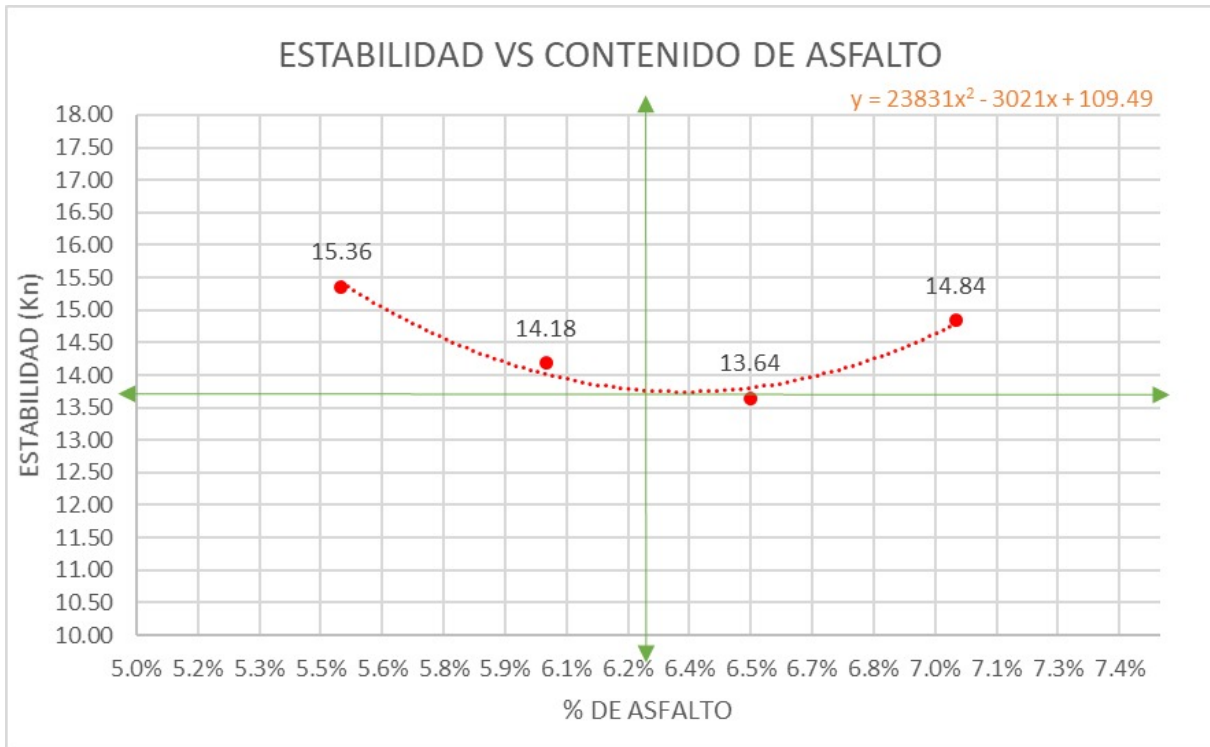
Figura N°115: Contenido de Asfalto vs Densidad.



Fuente: Propia (2023).

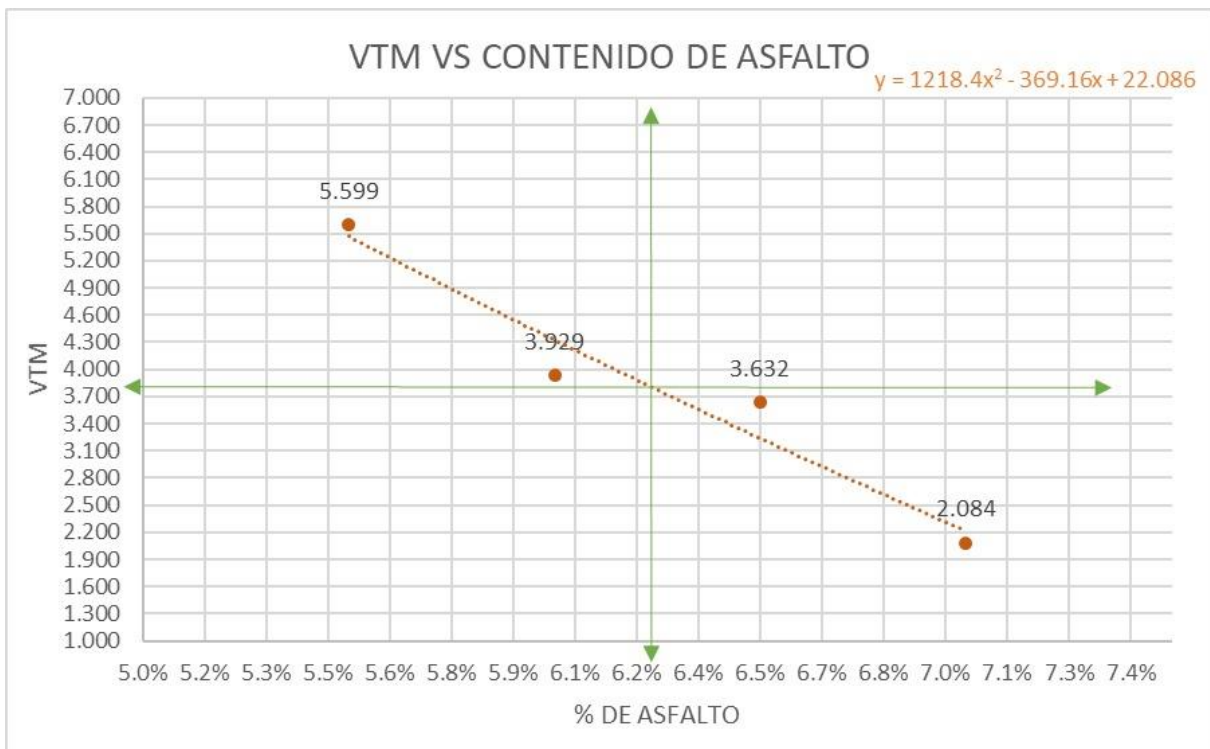


Figura N°116: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°117: Contenido de Asfalto vs VTM.

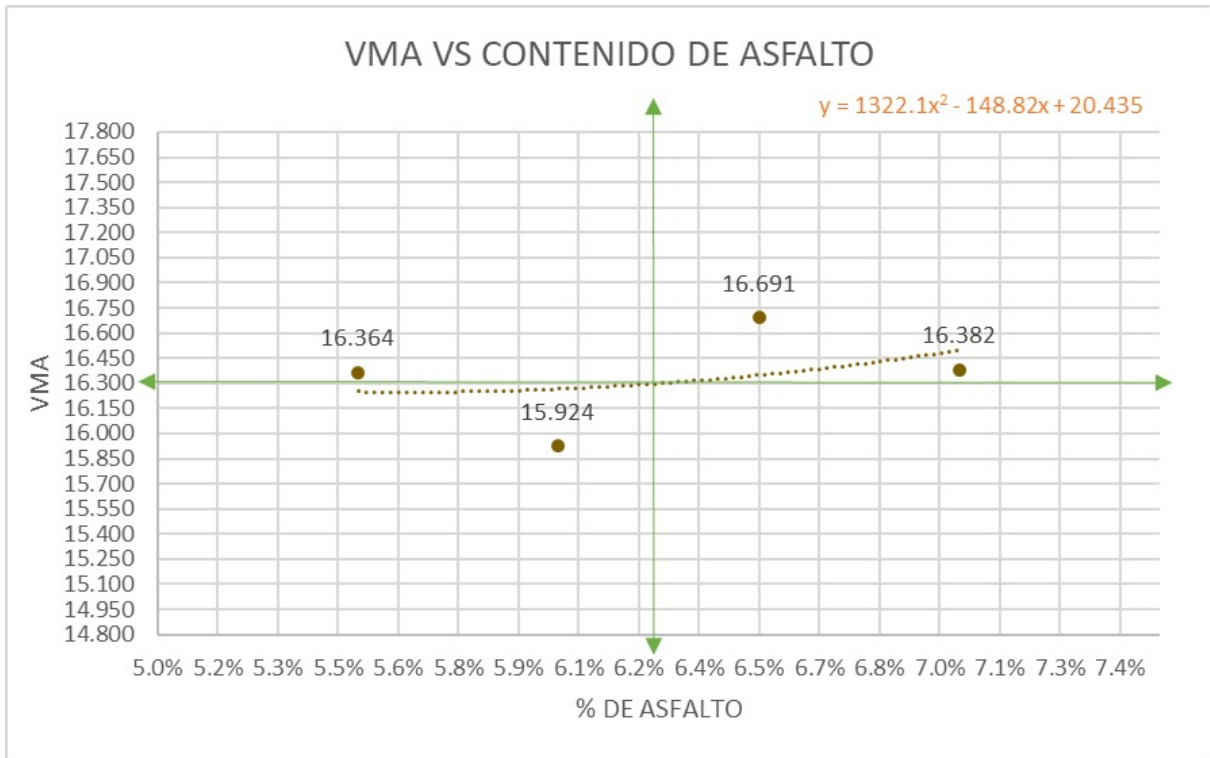


Fuente: Propia (2023).



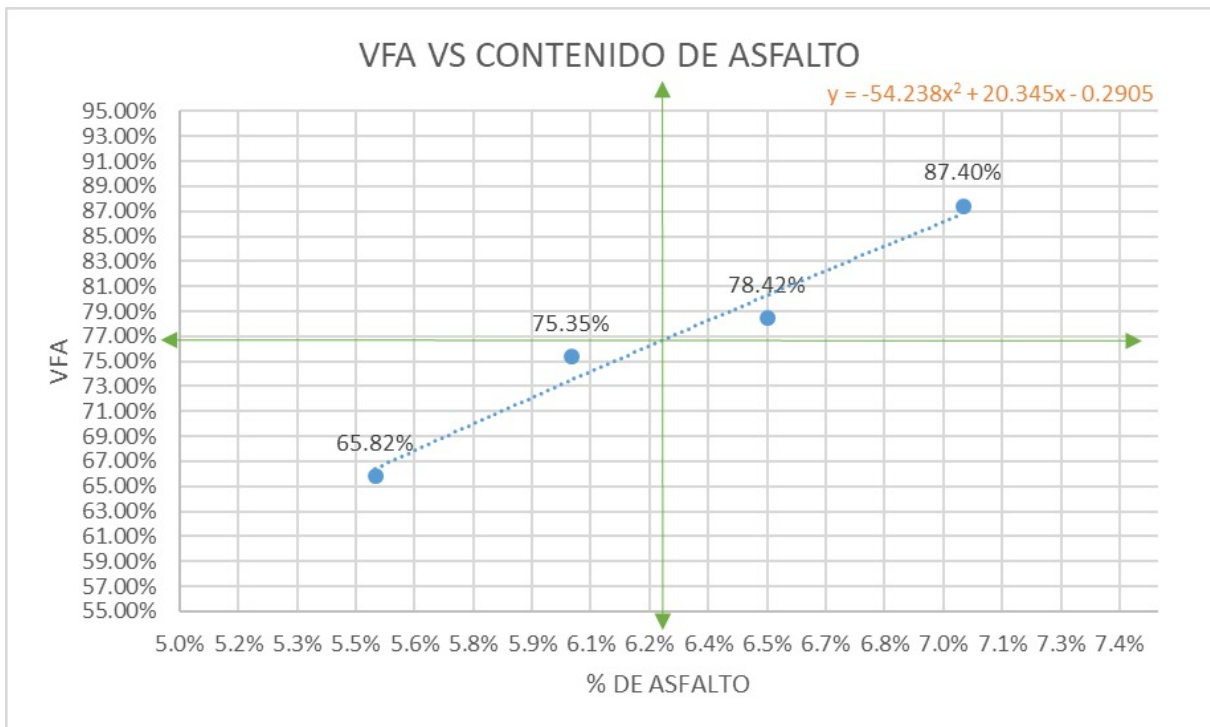


Figura N°118: Contenido de Asfalto vs VMA.



Fuente: Propia (2023).

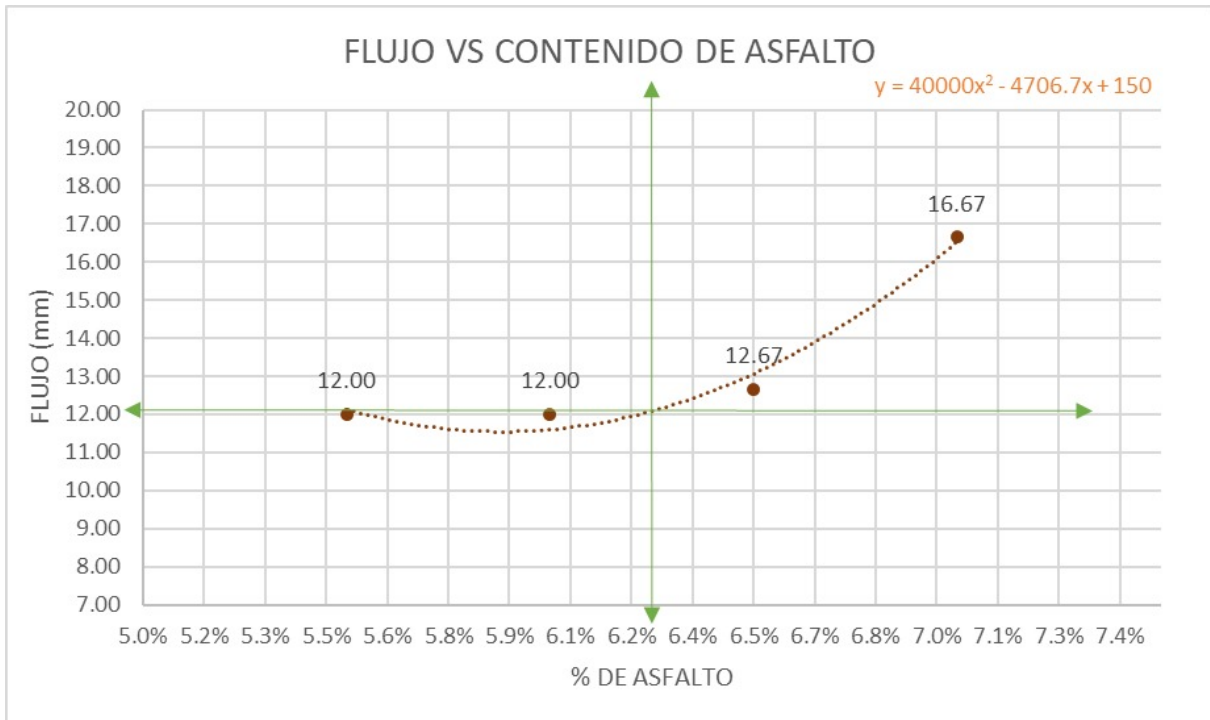
Figura N°119: Contenido de Asfalto vs VFA.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°120: Contenido de Asfalto vs Flujo.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°121: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo.



Fuente: Propia (2023).



#### Análisis del Ensayo:

El contenido óptimo de asfalto determinado para la mezcla patrón de la presente investigación, después de haber ensayado el contenido de asfalto entre los porcentajes de 5.5%, 6%, 6.5% y 7%. Corresponde al 6.23%, a partir de este resultado los valores obtenidos para sus respectivos parámetros corresponden a:

- De acuerdo a la figura 156, el valor de Estabilidad obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.23% es de 13.78 KN, valor que supera al parámetro 8.15 KN mínimo especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 160, el valor de Flujo obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.23% es de 12.01”, valor que se encuentra dentro del rango 8” - 14” especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 157, el valor de vacíos de aire en la mezcla compactada (VTM) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.23% es de 3.82%, valor que se encuentra dentro del rango 3% - 5% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 158, el valor de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.23% es de 16.29%, valor que supera el parámetro mínimo de 14% especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 159, el valor de vacíos llenos de asfalto (VFA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.23% es de 77%, valor que se encuentra dentro del rango 70% - 80% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.



- De acuerdo a la figura 161, la relación Estabilidad Flujo para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.23% es de 4603.80 kg/cm, valor que se encuentra fuera del rango 1700 - 4000 especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 155, el valor de Densidad para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.23% es de 2.32 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla N°134: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para MAC Patrón.

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PORCENTAJE ÓPTIMO					
Mezcla asfáltica Patrón					
PARAMETROS	NORMATIVA		MET. 02	OBSERVACIÓN	
	CE - 010	EG - 2013	6.23%	CE - 010	EG - 2013
Estabilidad (KN)	8.15 KN mín	8.15 KN mín	13.78	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
Flujo (0.25mm)	8 - 14	8 - 14	12.01	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VTM	-	3 - 5	3.82	-	<i>Si Cumple</i>
VMA	14 % Min	14 % Min	16.29	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VFA	65 - 75%	70 - 80%	77%	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
Relacion estabilida / flujo	-	1700 - 4000	4603.80	-	<i>No Cumple</i>
Densidad	-	-	2.32	-	-

Fuente: Propia (2023).

M. Cálculo del Contenido Óptimo de Asfalto para Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con 17% de Escoria de Hierro Reciclado Elaborada con Cemento Asfáltico PEN 85/100, Cusco - 2023.

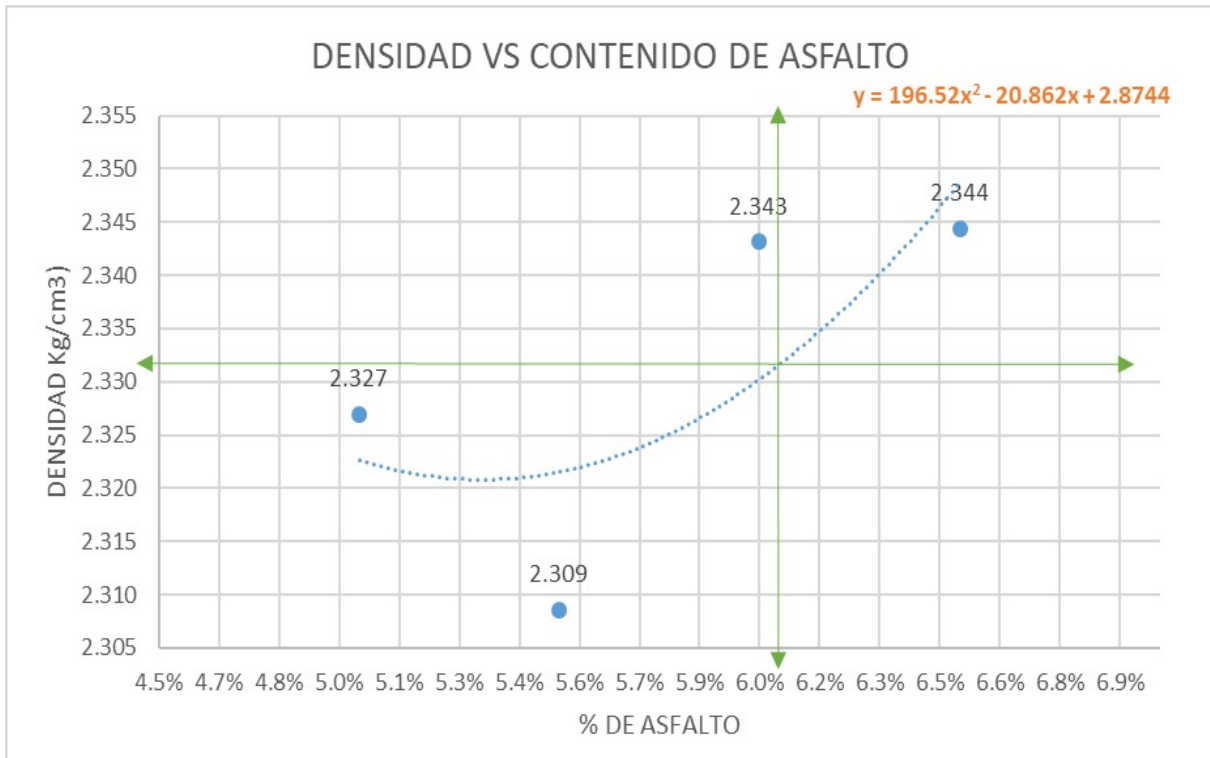
Tabla N°135: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.

% ASFALTO	DENSIDAD	VTM	VMA	VFA	ESTABILIDAD (KG)	ESTABILIDAD (KN)	FLUJO	ESTABILIDAD /FLUJO	% Asfalto. Aprox	
5.0%	2.327	5.024	15.022	66.59%	1632.83	16.01	12.33	5139.87	Est. Max	6.0
5.5%	2.309	5.086	16.138	68.55%	1358.68	13.32	12.17	4743.77	Densi Max.	6.5
6.0%	2.343	2.440	15.331	84.10%	1665.87	16.34	14.33	4323.46	Al 4% de vac.	5.68
6.5%	2.344	1.918	15.737	87.82%	1364.71	13.38	13.33	3574.65	METODO 2	<b>6.06</b>

Fuente: Propia (2023).

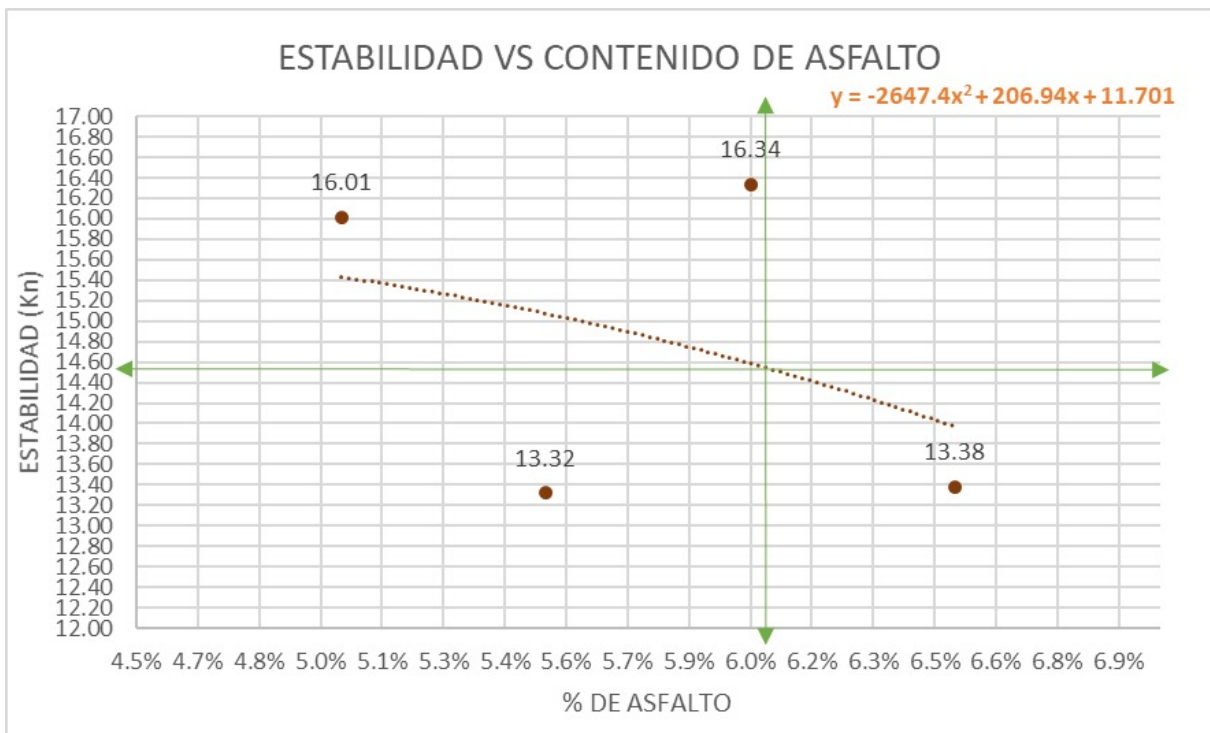


Figura N°122: Contenido de Asfalto vs Densidad.



Fuente: Propia (2023).

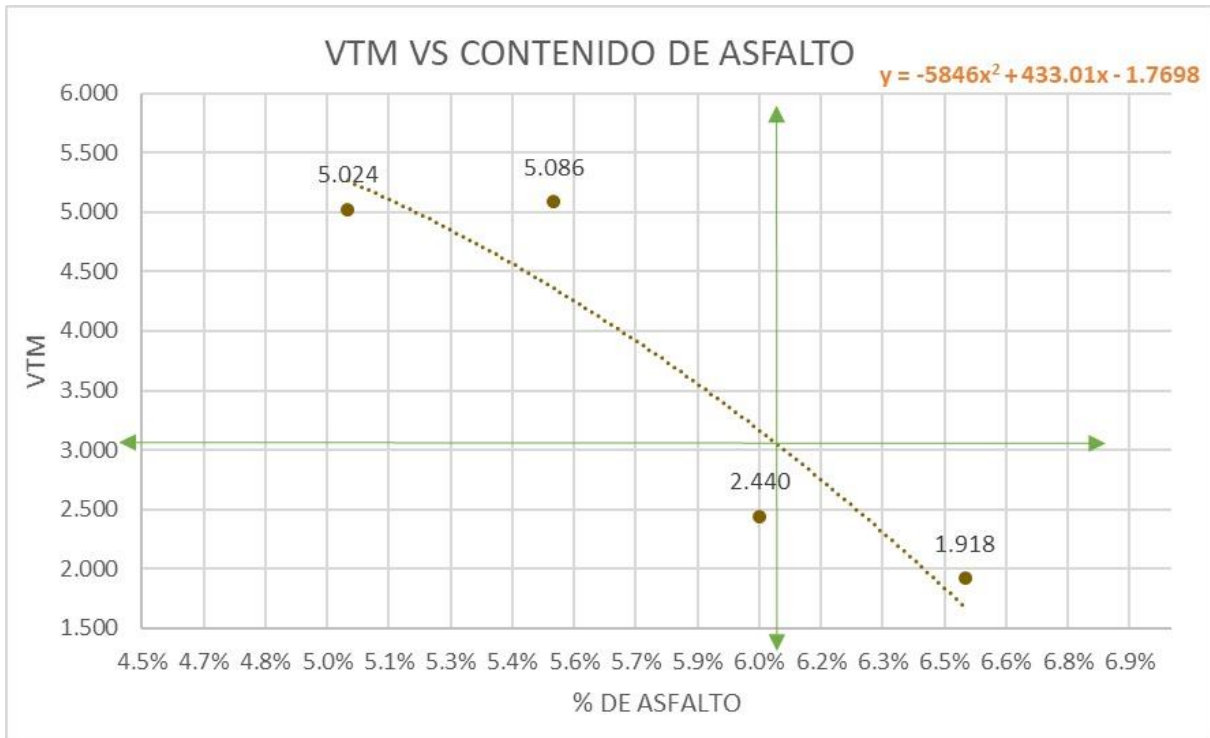
Figura N°123: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.



Fuente: Propia (2023).

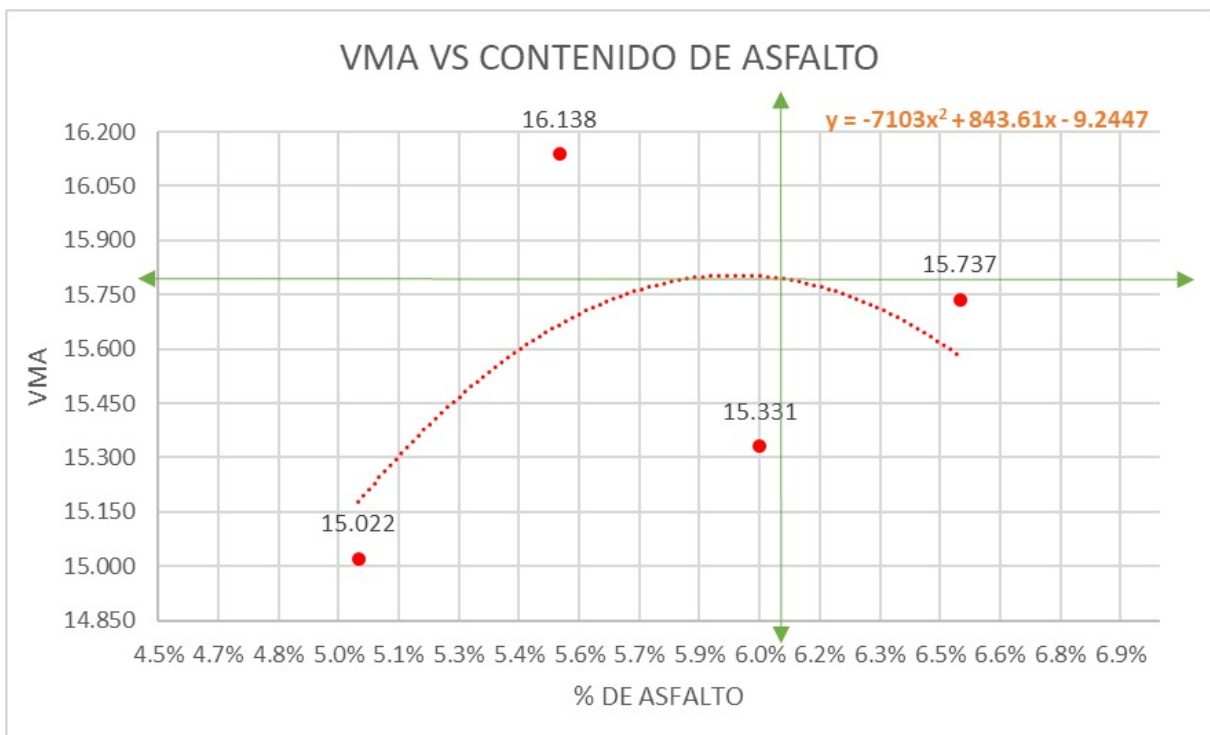


Figura N°124: Contenido de Asfalto vs VTM.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°125: Contenido de Asfalto vs VMA.

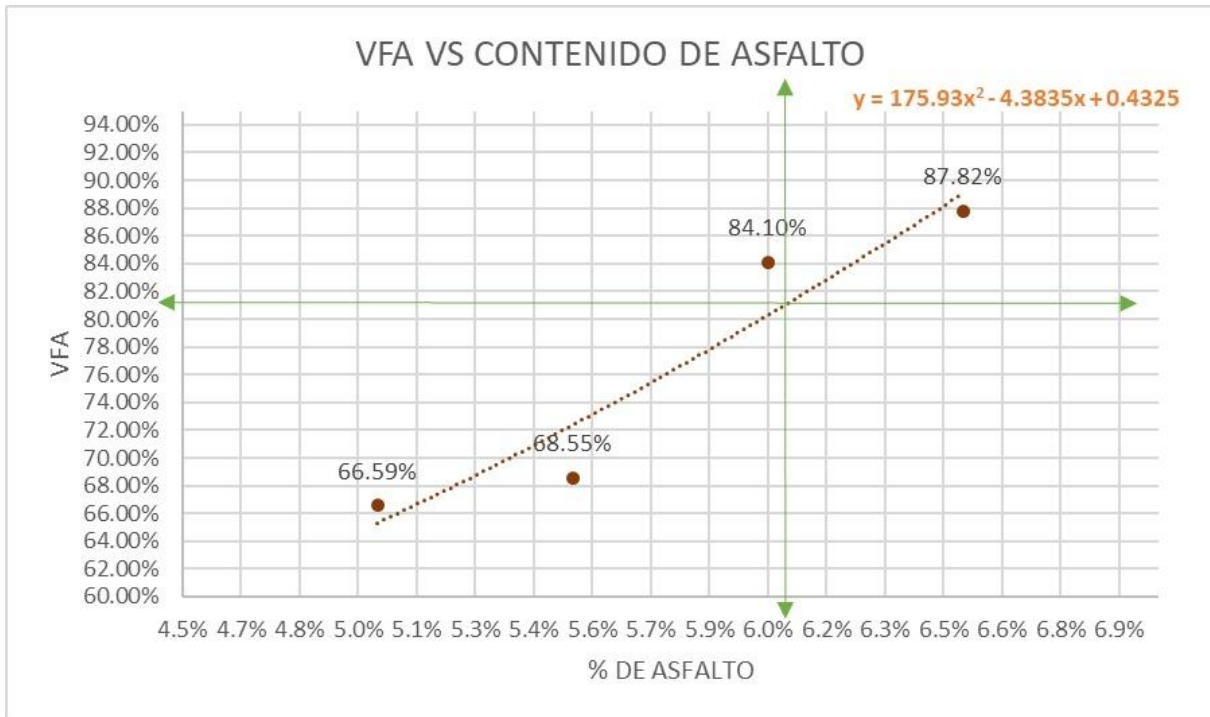


Fuente: Propia (2023).



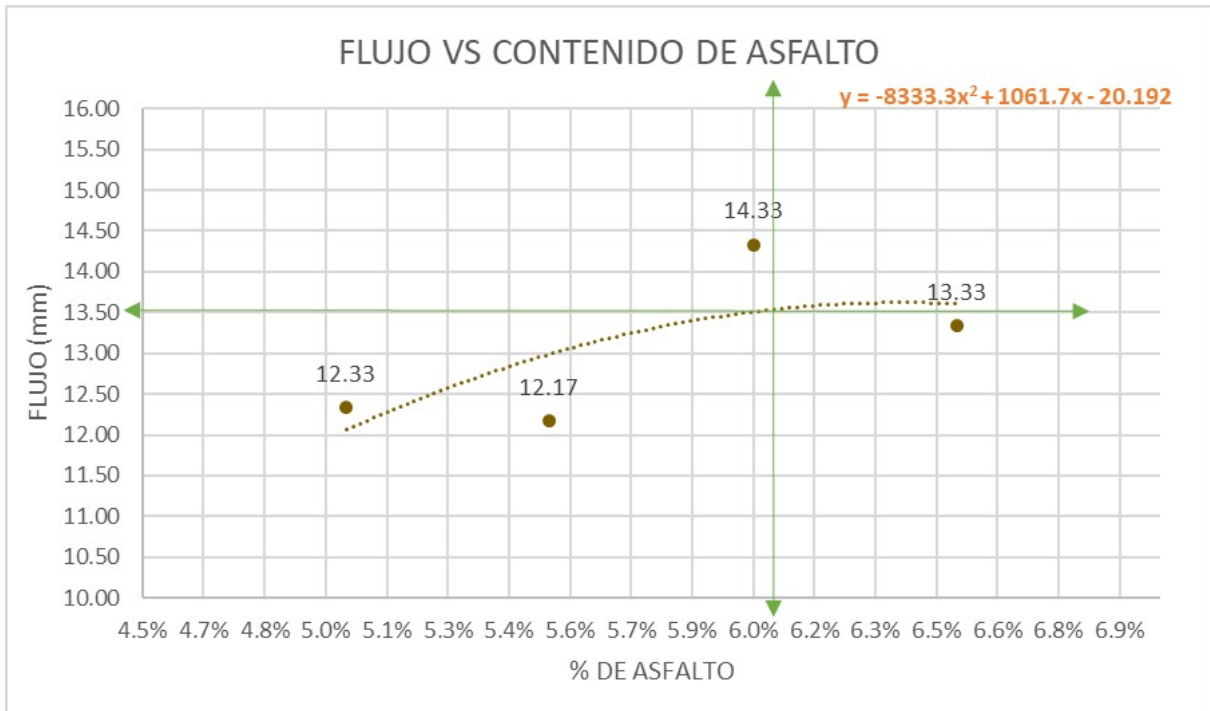


Figura N°126: Contenido de Asfalto vs VFA.



Fuente: Propia (2023).

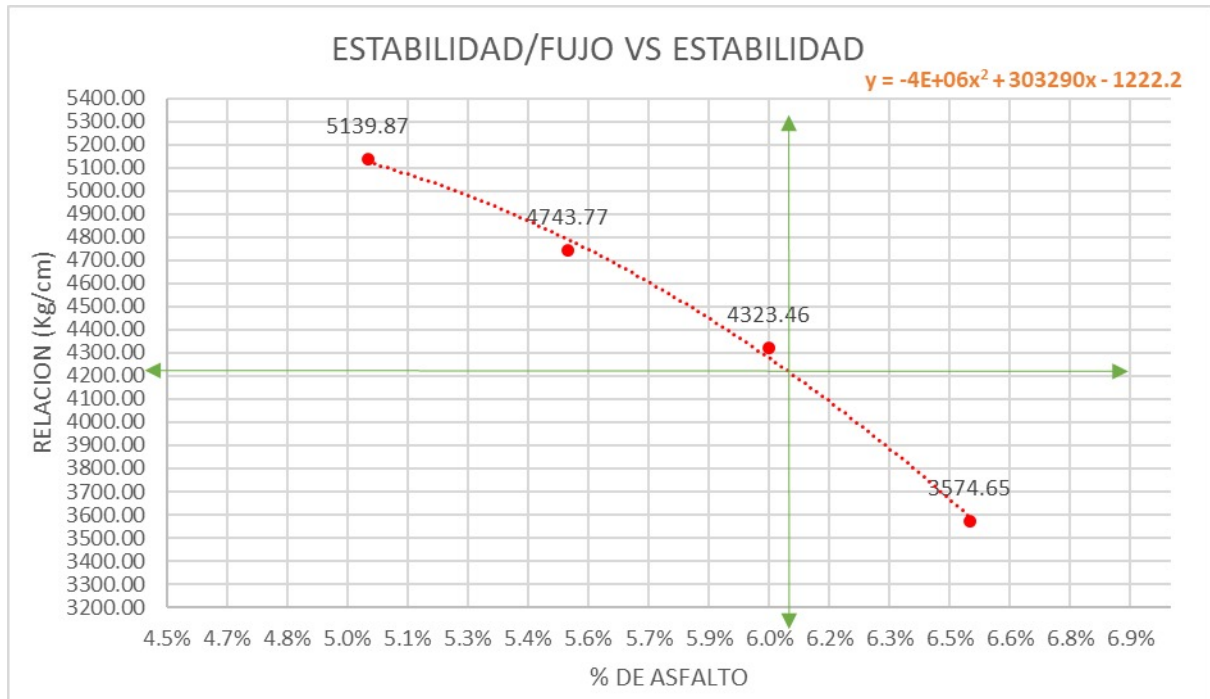
Figura N°127: Contenido de Asfalto vs Flujo.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°128: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo.



Fuente: Propia (2023).

#### Análisis del Ensayo:

El contenido óptimo de asfalto obtenido para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 17% de Escoria de Hierro Reciclado de la presente investigación, después de haber ensayado el contenido de asfalto entre los porcentajes de 5.5%, 6%, 6.5% y 7% independiente. Corresponde al 6.06%, a partir de este resultado los valores obtenidos para sus respectivos parámetros corresponden a:

- De acuerdo a la figura 163, el valor de Estabilidad obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.06% es de 14.52 KN, valor que supera al parámetro 8.15 KN mínimo especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 167, el valor de Flujo obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.06% es de 13.54”, valor que se encuentra dentro del rango 8” - 14” especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.



- De acuerdo a la figura 164, el valor de vacíos de aire en la mezcla compactada (VTM) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.06% es de 3.00%, valor que se encuentra dentro del rango 3% - 5% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 165, el valor de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.06% es de 15.79%, valor que supera el parámetro mínimo de 14% especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 166, el valor de vacíos llenos de asfalto (VFA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.06% es de 81%, valor que se encuentra dentro del rango 70% - 80% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 168, la relación Estabilidad Flujo para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.06% es de 4303.63 kg/cm, valor que se encuentra fuera del rango 1700 - 4000 especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 162, el valor de Densidad para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.06% es de 2.33 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla N°136: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC modificada con 17% de Escoria de Hierro.

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PORCENTAJE ÓPTIMO					
Mezcla asfáltica Modificada con 17% de Escoria de Hierro					
	NORMATIVA		MET. 02	OBSERVACIÓN	
	CE - 010	EG - 2013	6.06%	CE - 010	EG - 2013
Estabilidad (Kg)	8.15 KN mín	8.15 KN mín	14.52	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
Flujo (0.25mm)	8 - 14	8 - 14	13.54	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VTM	-	3 - 5	3.00	-	<i>Si Cumple</i>
VMA	14 % Min	14 % Min	15.79	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VFA	65 - 75%	70 - 80%	81%	<i>Si Cumple</i>	<i>No Cumple</i>
Relacion estabilida / flujo	-	1700 - 4000	4303.63	-	<i>No Cumple</i>
DENSIDAD	-	-	2.33	-	-

Fuente: Propia (2023).



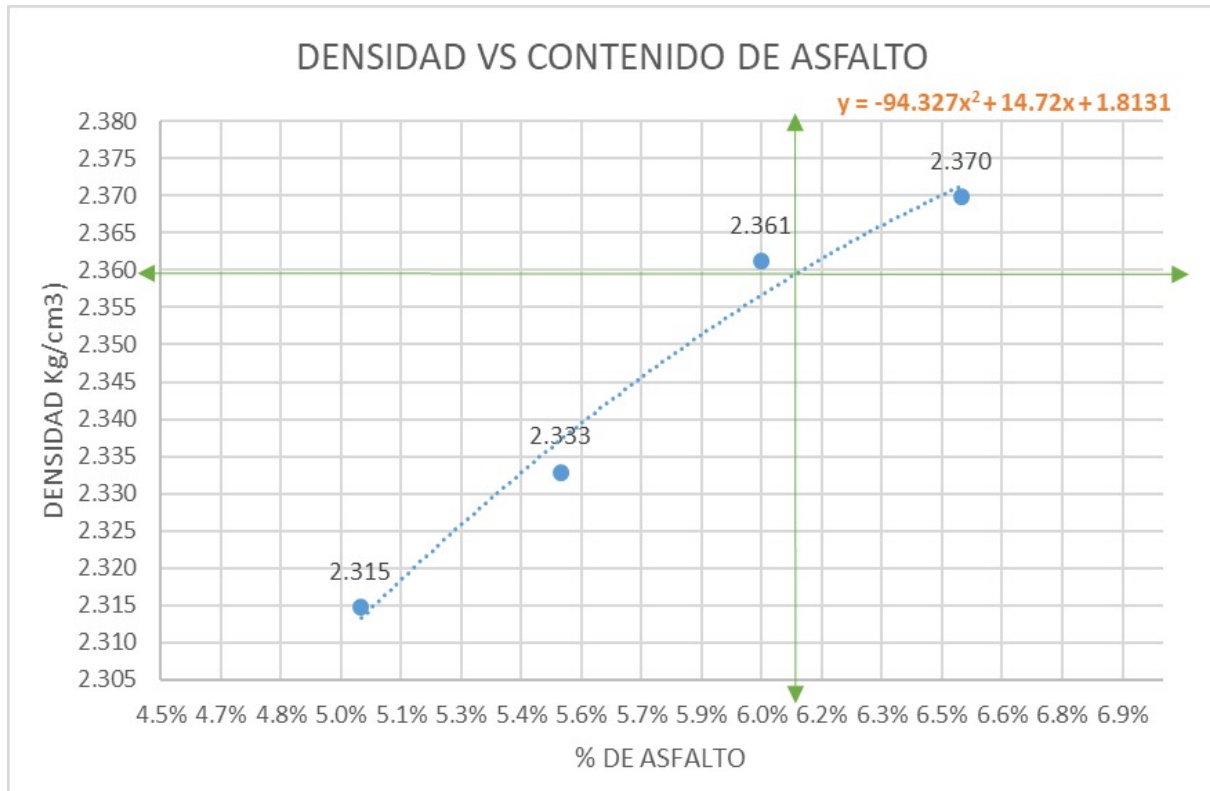
N. Cálculo del Contenido Óptimo de Asfalto para Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con 20% de Escoria de Hierro Reciclado Elaborada con Cemento Asfáltico PEN 85/100, Cusco - 2023.

Tabla N°137: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.

% ASFALTO	DENSIDAD	VTM	VMA	VFA	ESTABILIDAD (Kg)	ESTABILIDAD (KN)	FLUJO	ESTABILIDAD /FLUJO	% Asfalto. Aprox	
5.0%	2.315	5.136	15.469	66.80%	1459.17	14.31	12.67	4535.33	Est. Max	6.50
5.5%	2.333	4.049	15.255	73.78%	1449.96	14.22	13.33	4281.37	Densi Max.	6.50
6.0%	2.361	1.887	14.682	87.20%	1413.78	13.86	12.67	4394.25	Al 4% de vac.	5.40
6.5%	2.370	1.136	14.823	92.41%	1463.90	14.36	14.00	4116.72	METODO 2	6.13

Fuente: Propia (2023).

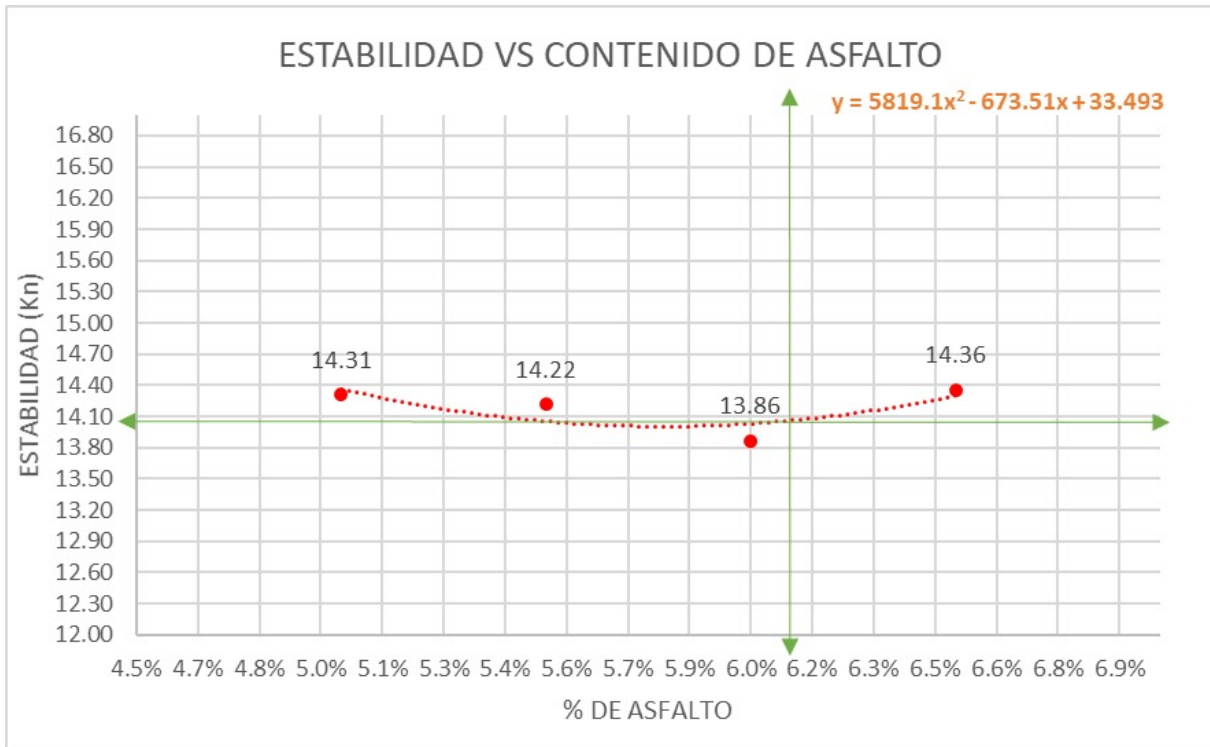
Figura N°129: Contenido de Asfalto vs Densidad.



Fuente: Propia (2023).

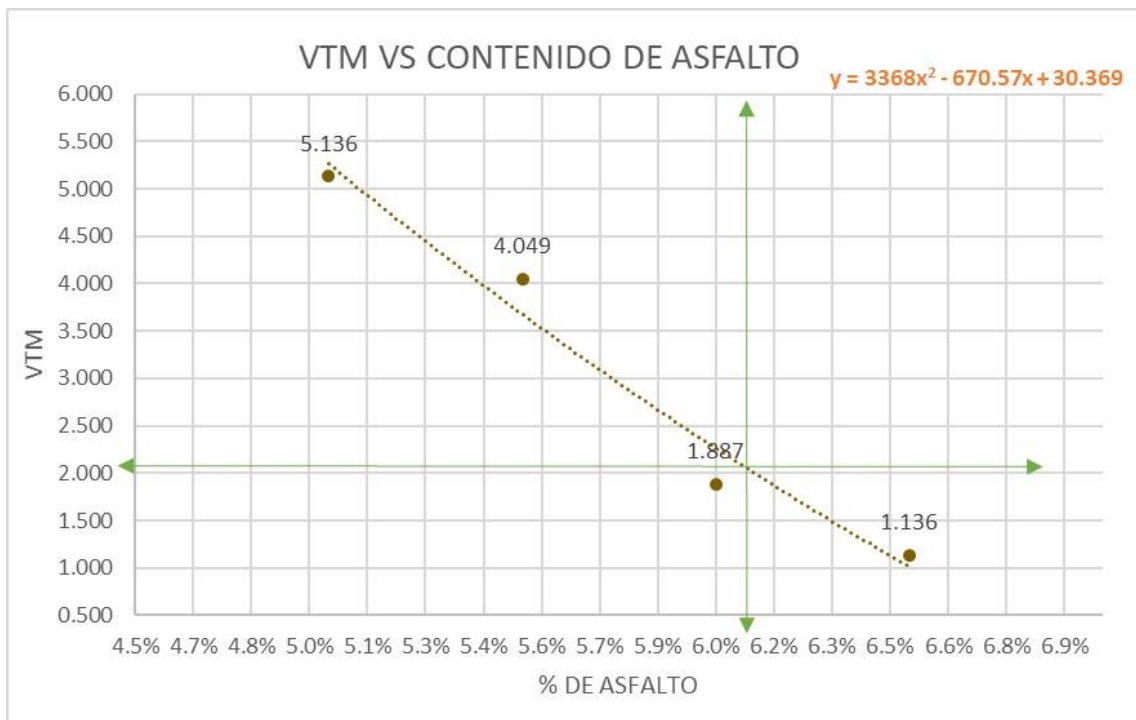


Figura N°130: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.



Fuente: Propia (2023).

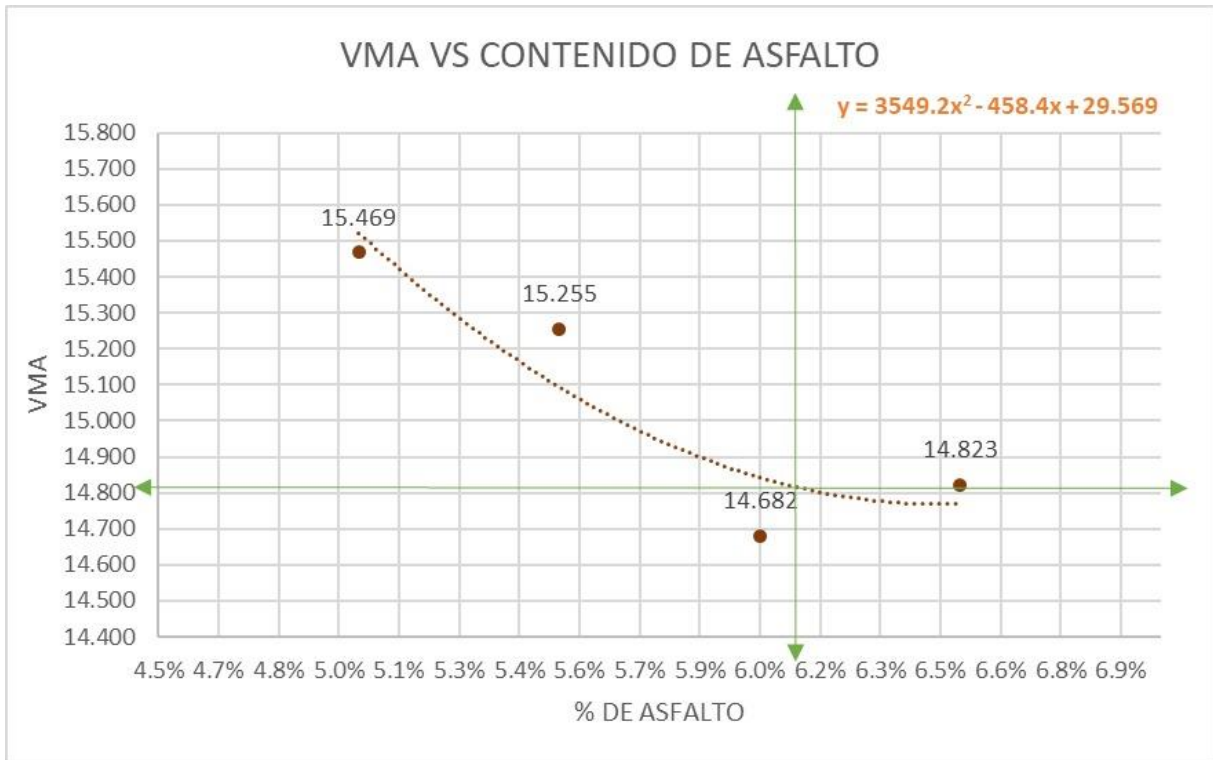
Figura N°131: Contenido de Asfalto vs VTM.



Fuente: Propia (2023).

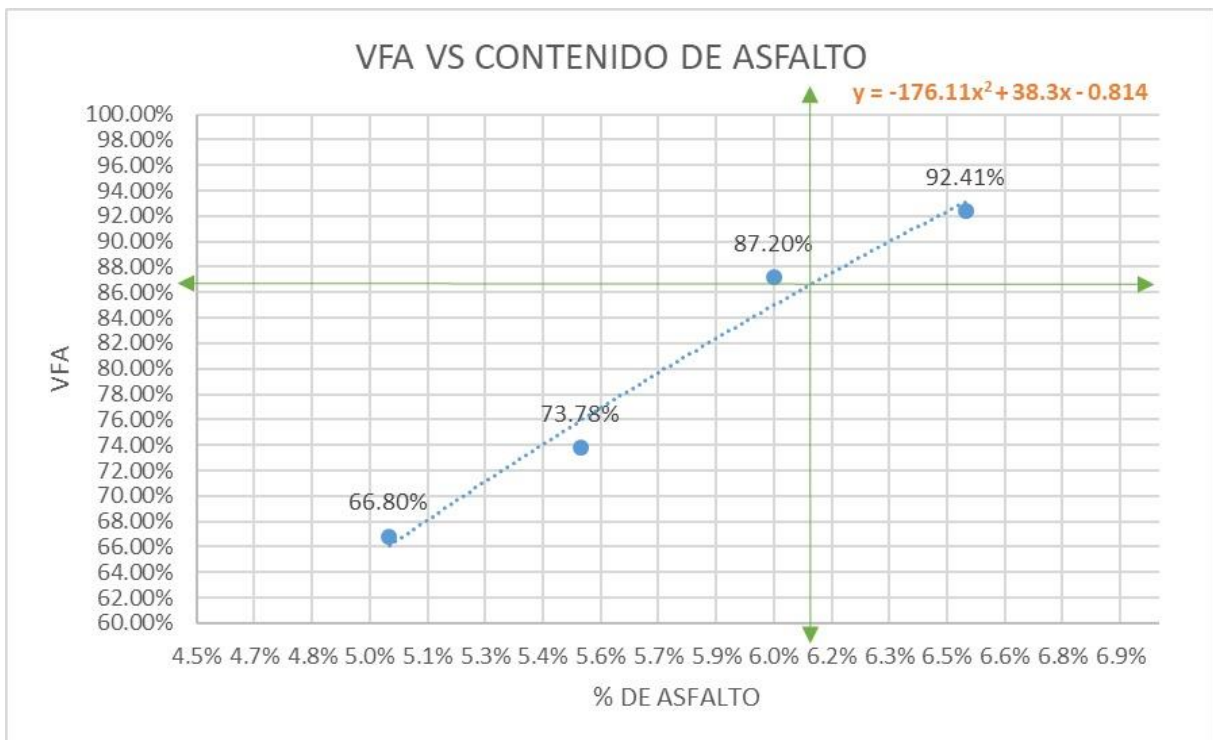


Figura N°132: Contenido de Asfalto vs VMA.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°133: Contenido de Asfalto vs VFA.

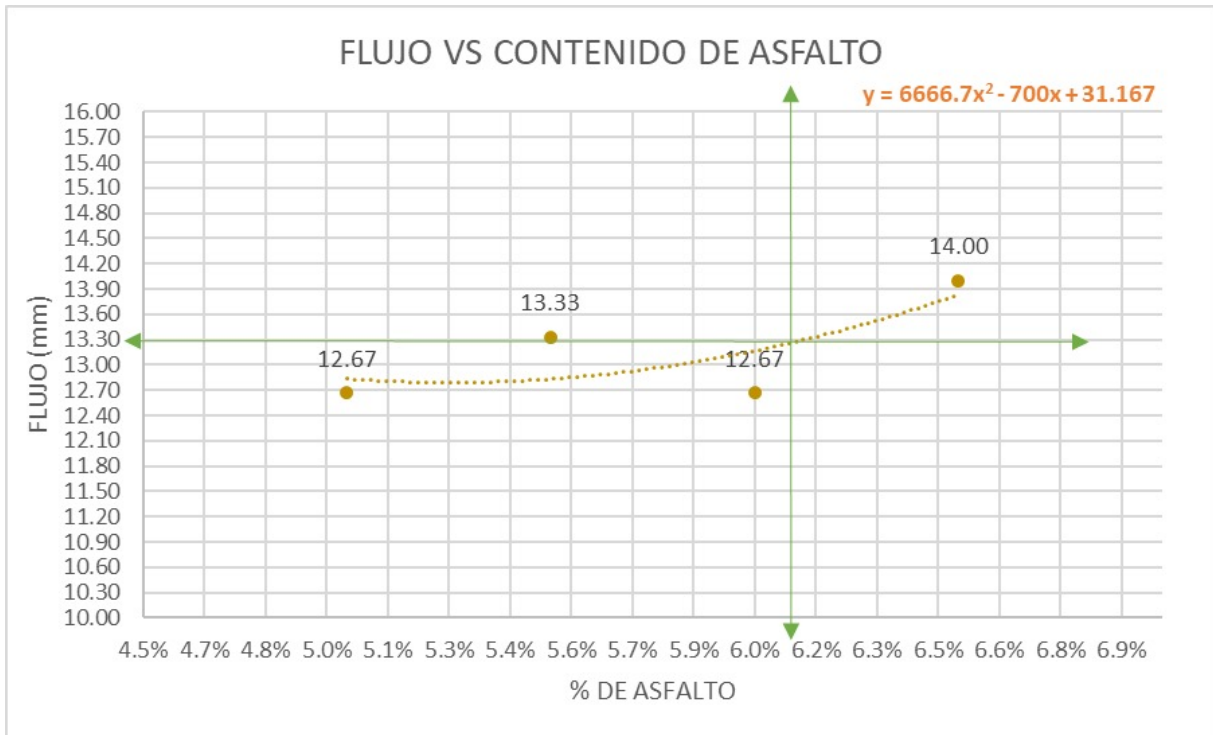


Fuente: Propia (2023).



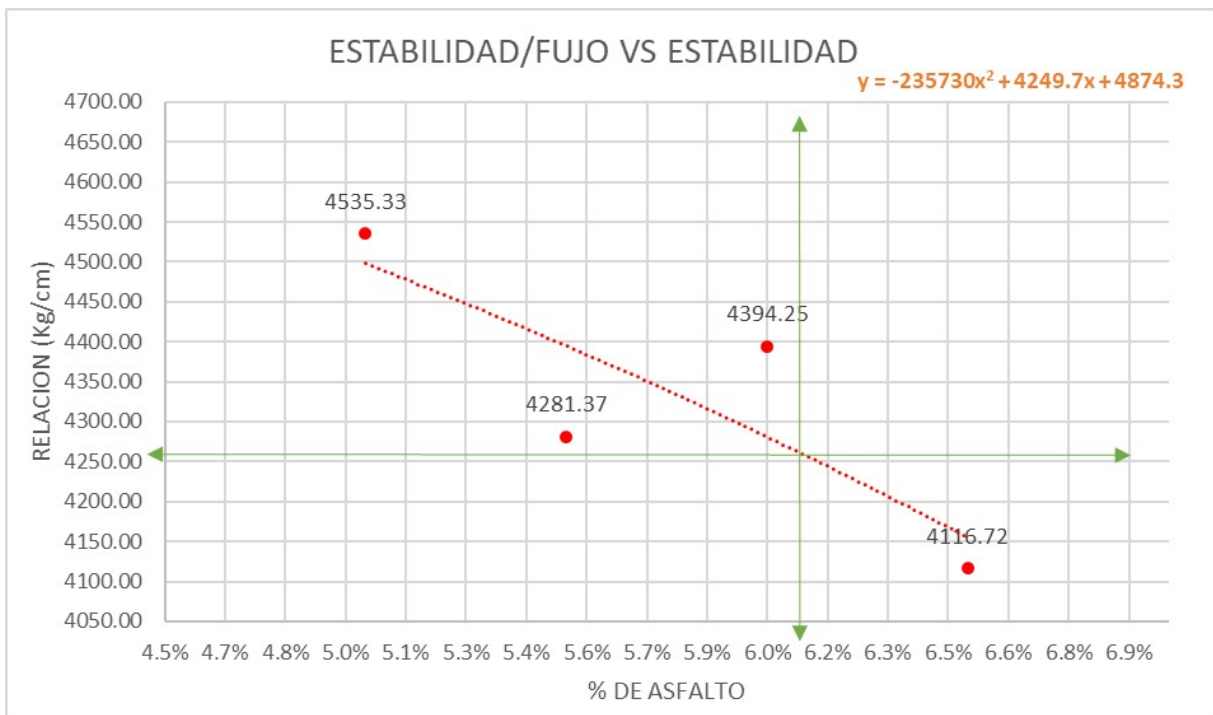


Figura N°134: Contenido de Asfalto vs Flujo.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°135: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo.



Fuente: Propia (2023).



#### Análisis del Ensayo:

El contenido óptimo de asfalto obtenido para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 20% de Escoria de Hierro Reciclado de la presente investigación, después de haber ensayado el contenido de asfalto entre los porcentajes de 5.5%, 6%, 6.5% y 7% independiente. Corresponde al 6.13%, a partir de este resultado los valores obtenidos para sus respectivos parámetros corresponden a:

- De acuerdo a la figura 170, el valor de Estabilidad obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.13% es de 14.07 KN, valor que supera al parámetro 8.15 KN mínimo especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 174, el valor de Flujo obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.13% es de 13.31”, valor que se encuentra dentro del rango 8” - 14” especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 171, el valor de vacíos de aire en la mezcla compactada (VTM) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.13% es de 1.92%, valor que no se encuentra dentro del rango 3% - 5% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 172, el valor de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.13% es de 14.81%, valor que supera el parámetro mínimo de 14% especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 173, el valor de vacíos llenos de asfalto (VFA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.13% es de 87%, valor que se encuentra fuera del rango 70% - 80% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.



- De acuerdo a la figura 175, la relación Estabilidad Flujo para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.13% es de 4245.17 kg/cm, valor que se encuentra fuera del rango 1700 - 4000 especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 169, el valor de Densidad para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.13% es de 2.36 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla N°138: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC Modificada con 20% de Escoria de Hierro.

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PORCENTAJE ÓPTIMO Mezcla asfáltica Modificada con 20% de Escoria de Hierro					
	NORMATIVA		MET. 02	OBSERVACIÓN	
	CE - 010	EG - 2013	6.13%	CE - 010	EG - 2013
Estabilidad (Kg)	8.15 KN mín	8.15 KN mín	14.07	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
Flujo (0.25mm)	8 - 14	8 - 14	13.31	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VTM	-	3 - 5	1.92	-	<i>No Cumple</i>
VMA	14 % Min	14 % Min	14.81	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VFA	65 - 75%	70 - 80%	87%	<i>Si Cumple</i>	<i>No Cumple</i>
Relacion estabilida / flujo	-	1700 - 4000	4245.17	-	<i>No Cumple</i>
DENSIDAD	-	-	2.36	-	-

Fuente: Propia (2023).

O. Cálculo del Contenido Óptimo de Asfalto para Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con 23% de Escoria de Hierro Reciclado Elaborada con Cemento Asfáltico PEN 85/100, Cusco - 2023.

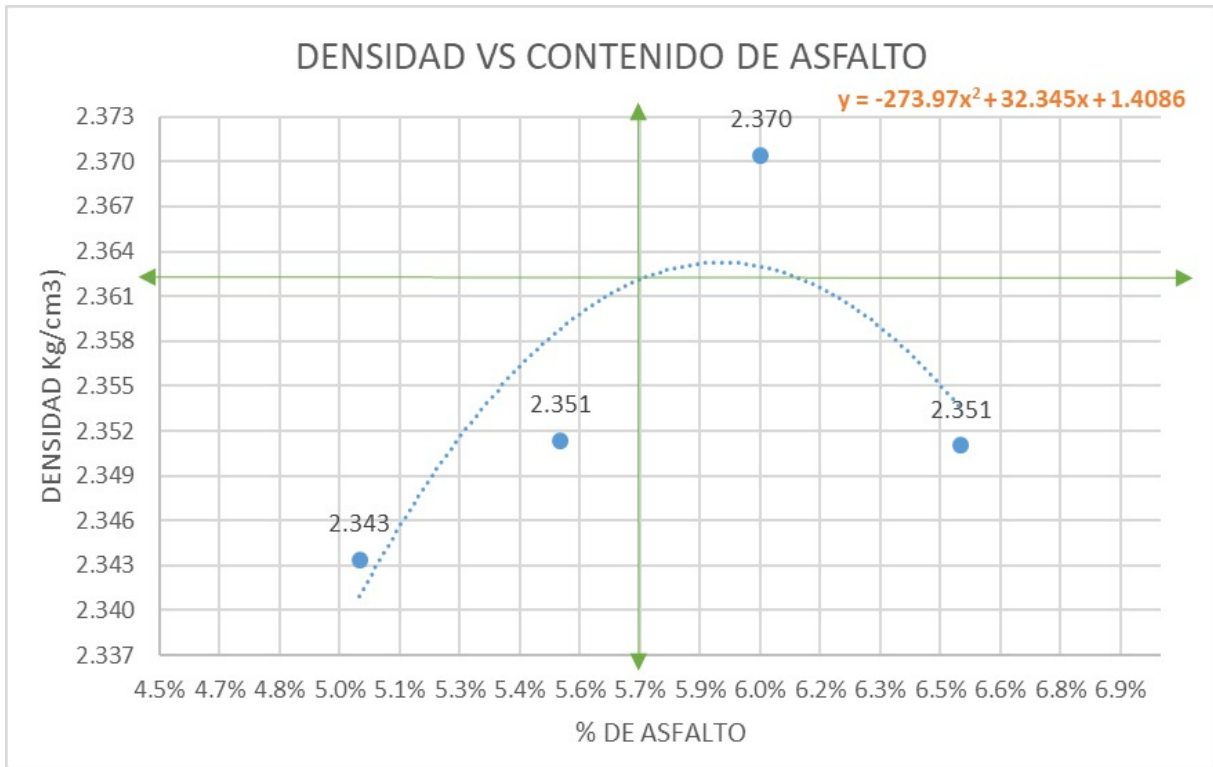
Tabla N°139: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.

% ASFALTO	DENSIDAD	VTM	VMA	VFA	ESTABILIDAD (KG)	ESTABILIDAD (KN)	FLUJO	ESTABILIDAD /FLUJO	% Asfalto. Aprox	
5.0%	2.343	4.285	14.422	70.31%	1243.87	12.20	13.67	3583.25	Est. Max.	6.00
5.5%	2.351	3.267	14.584	77.65%	1435.57	14.08	13.00	4347.57	Densi Max.	6.00
6.0%	2.370	1.438	14.346	90.31%	1618.35	15.87	14.33	4445.19	Al 4% de vac.	5.10
6.5%	2.351	1.880	15.500	87.97%	1025.99	10.06	13.67	2955.60	METODO 2	5.70

Fuente: Propia (2023).

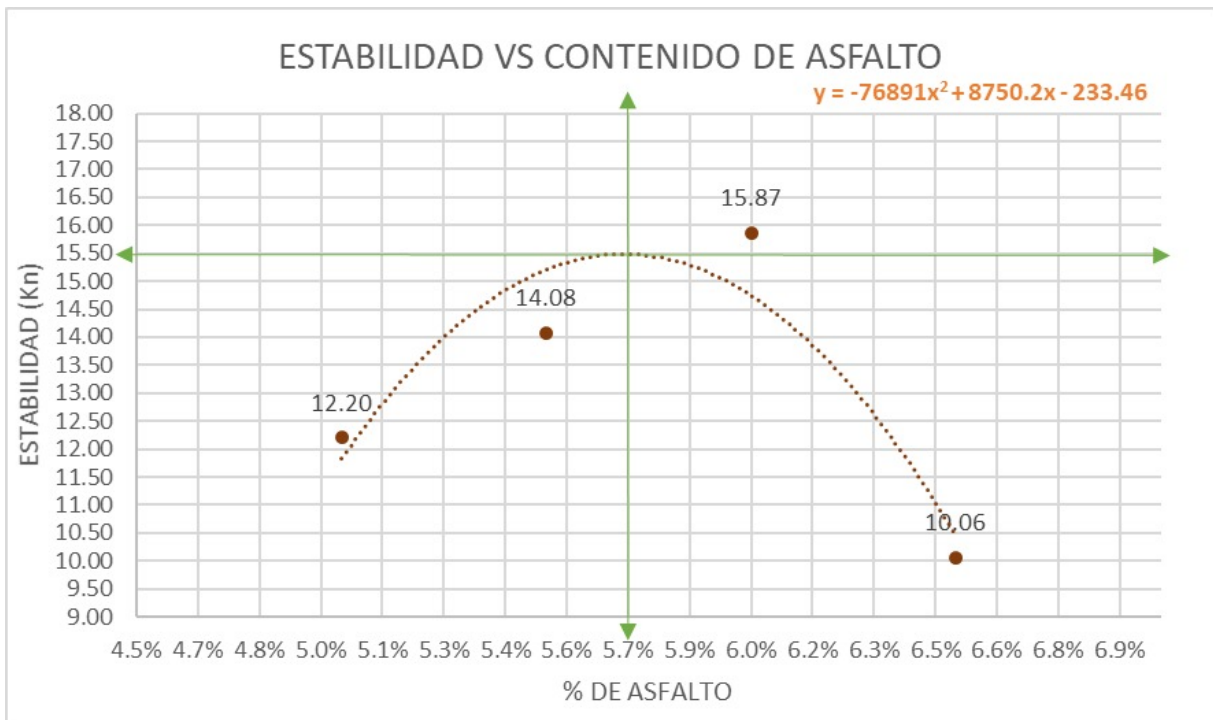


Figura N°136: Contenido de Asfalto vs Densidad.



Fuente: Propia (2023).

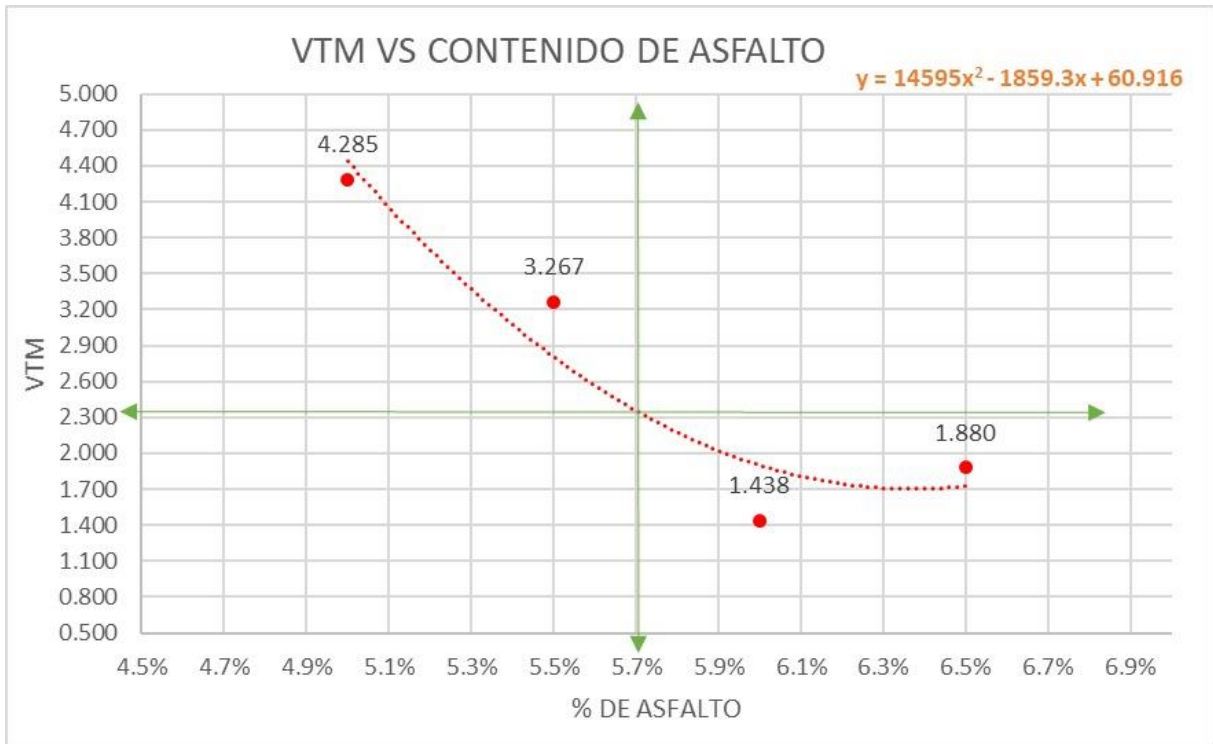
Figura N°137: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.



Fuente: Propia (2023).

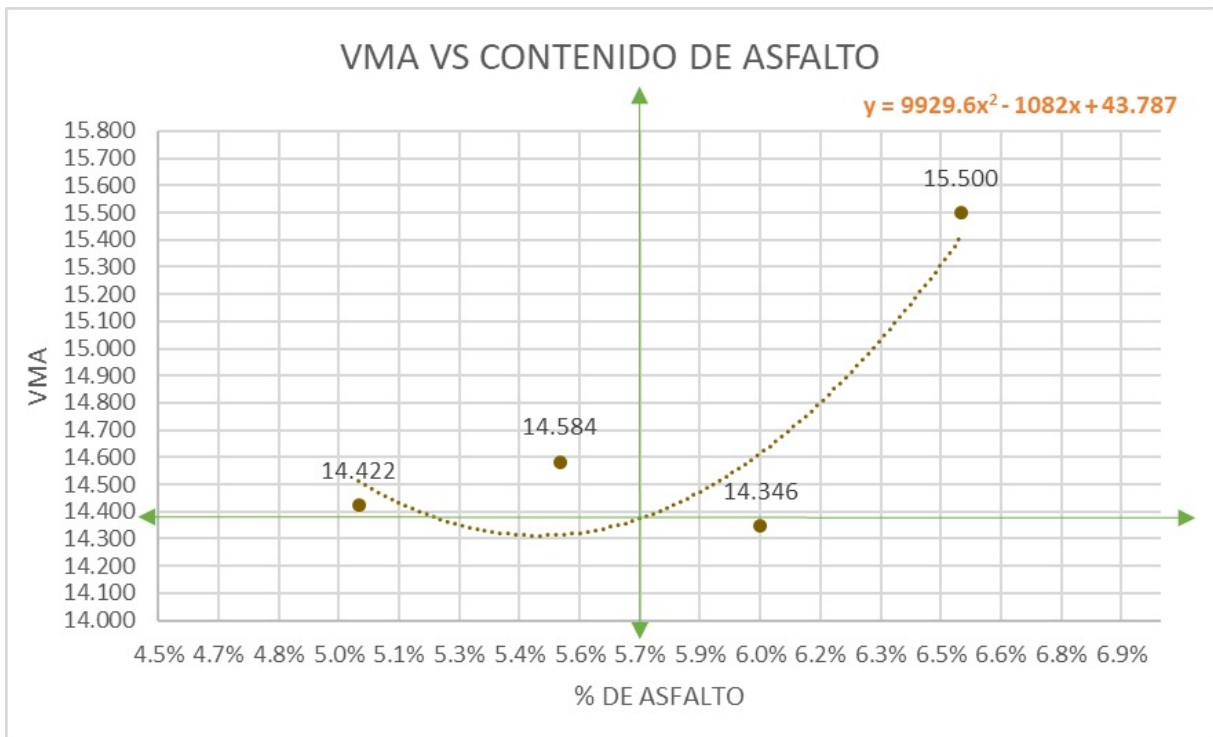


Figura N°138: Contenido de Asfalto vs VTM.



Fuente: Propia (2023).

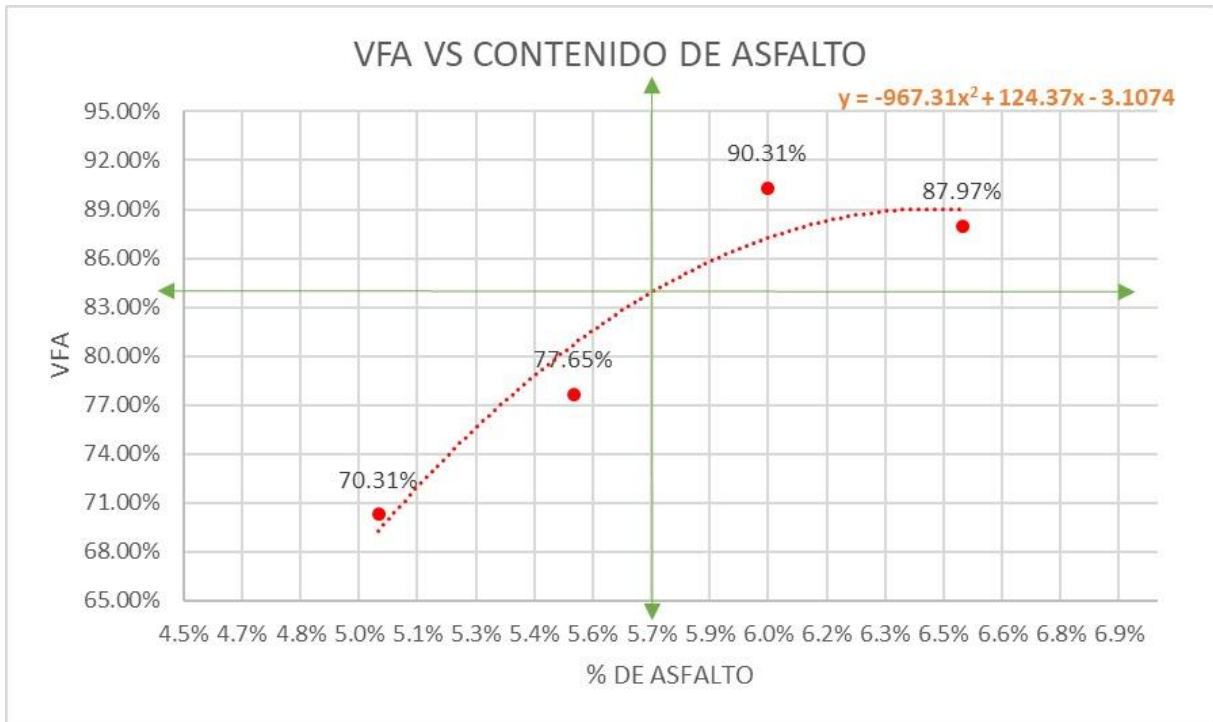
Figura N°139: Contenido de Asfalto vs VMA.



Fuente: Propia (2023).

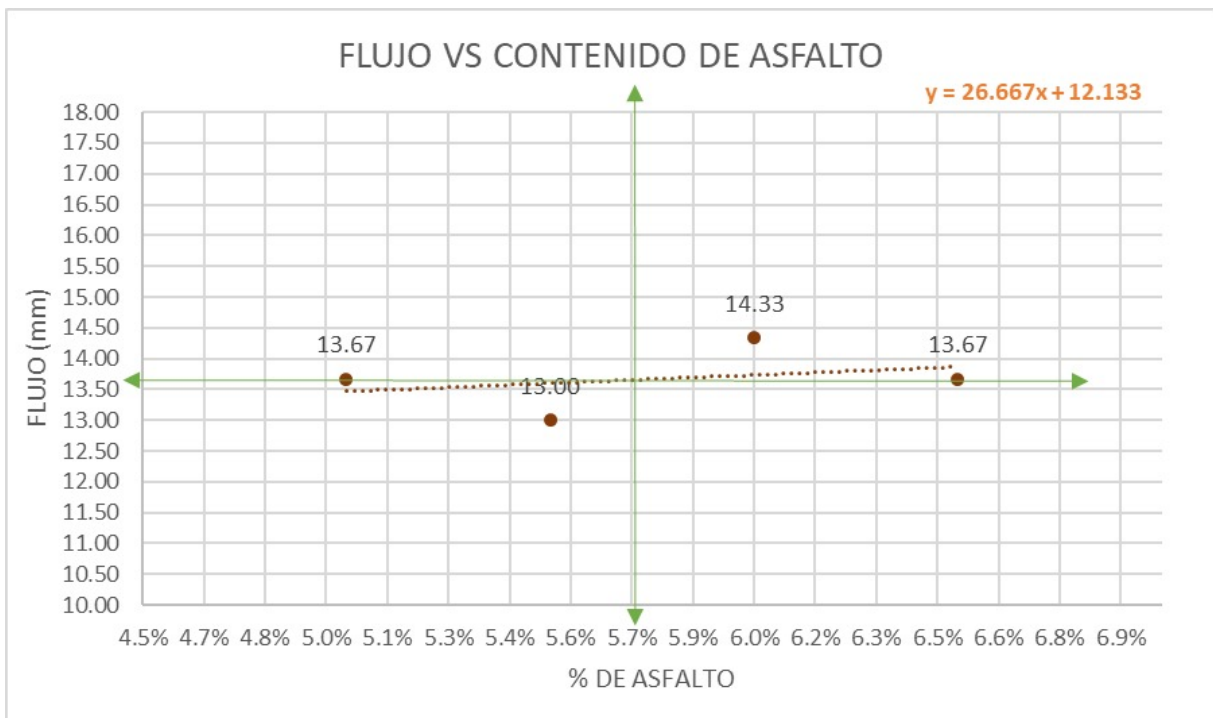


Figura N°140: Contenido de Asfalto vs VFA.



Fuente: Propia (2023).

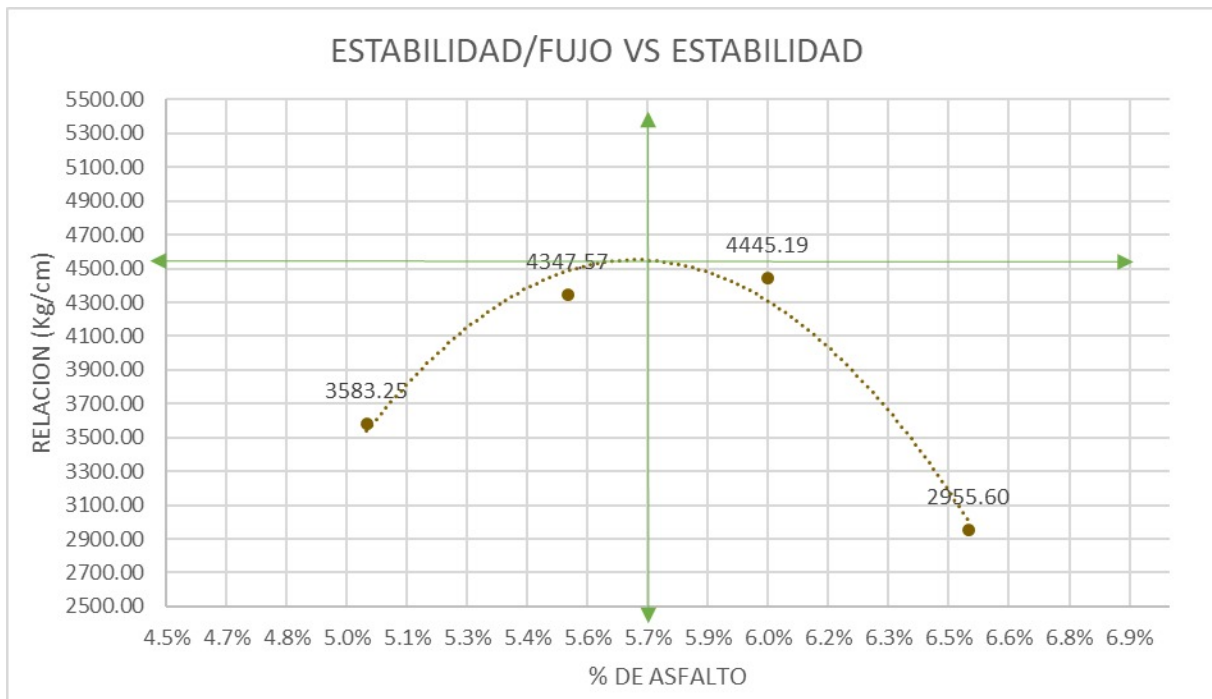
Figura N°141: Contenido de Asfalto vs Flujo.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°142: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo.



Fuente: Propia (2023).

#### Análisis del Ensayo:

El contenido óptimo de asfalto obtenido para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de Escoria de Hierro Reciclado de la presente investigación, después de haber ensayado el contenido de asfalto entre los porcentajes de 5.5%, 6%, 6.5% y 7% independiente. Corresponde al 5.70%, a partir de este resultado los valores obtenidos para sus respectivos parámetros corresponden a:

- De acuerdo a la figura 177, el valor de Estabilidad obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 5.70% es de 15.48 KN, valor que supera al parámetro 8.15 KN mínimo especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 181, el valor de Flujo obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 5.70% es de 13.65", valor que se encuentra dentro del rango 8" - 14" especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.



- De acuerdo a la figura 178, el valor de vacíos de aire en la mezcla compactada (VTM) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 5.70% es de 2.36%, valor que no se encuentra dentro del rango 3% - 5% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 179, el valor de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 5.70% es de 14.37%, valor que supera el parámetro mínimo de 14% especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 180, el valor de vacíos llenos de asfalto (VFA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 5.70% es de 84%, valor que se encuentra fuera del rango 70% - 80% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 182, la relación Estabilidad Flujo para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 5.70% es de 4552.52 kg/cm, valor que se encuentra fuera del rango 1700 - 4000 especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 176, el valor de Densidad para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 5.70% es de 2.36 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla N°140: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC Modificada con 23% de Escoria de Hierro.

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PORCENTAJE ÓPTIMO					
Mezcla asfáltica Modificada con 23% de Escoria de Hierro					
	NORMATIVA		MET. 02	OBSERVACIÓN	
	CE - 010	EG - 2013	5.70%	CE - 010	EG - 2013
Estabilidad (Kg)	8.15 KN mín	8.15 KN mín	15.48	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
Flujo (0.25mm)	8 - 14	8 - 14	13.65	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VTM	-	3 - 5	2.36	-	<i>No Cumple</i>
VMA	14 % Min	14 % Min	14.37	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VFA	65 - 75%	70 - 80%	84%	<i>Si Cumple</i>	<i>No Cumple</i>
Relacion estabilida / flujo	-	1700 - 4000	4552.52	-	<i>No Cumple</i>
DENSIDAD	-	-	2.36	-	-

Fuente: Propia (2023).



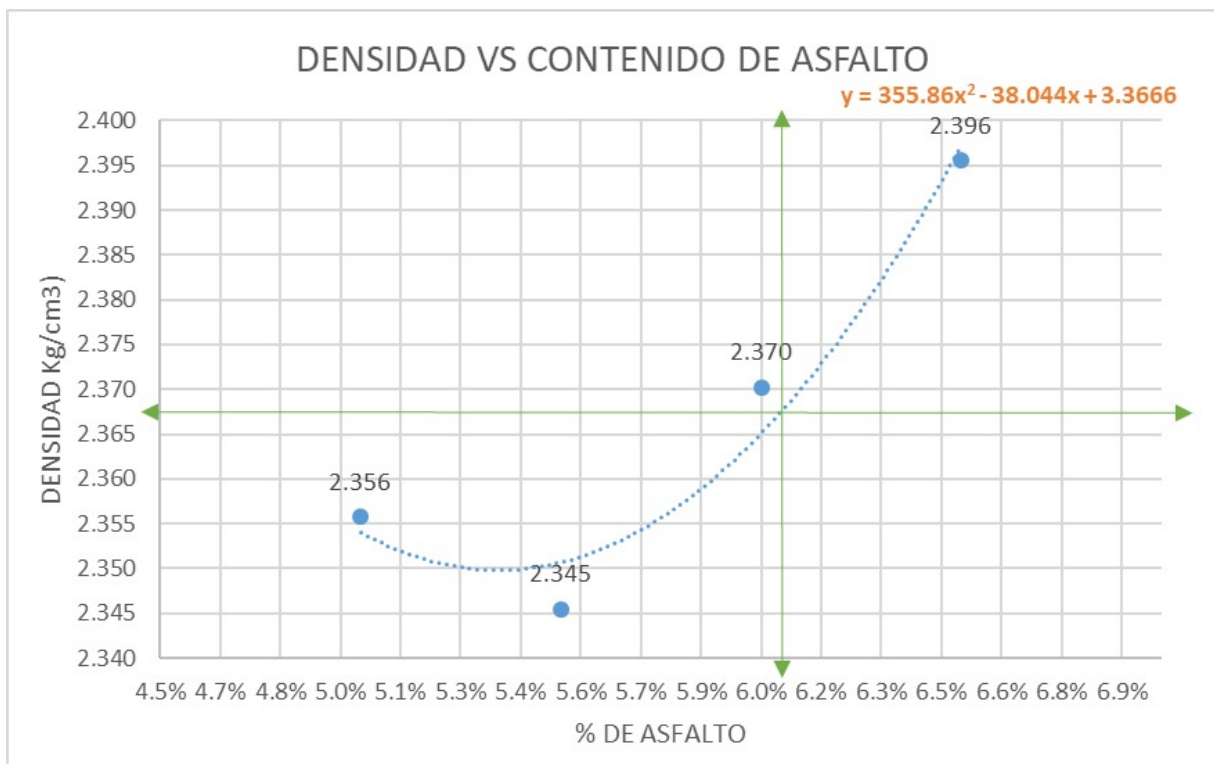
P. Cálculo del Contenido Óptimo de Asfalto para Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con 26% de Escoria de Hierro Reciclado Elaborada con Cemento Asfáltico PEN 85/100, Cusco - 2023.

Tabla N°141: Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto de acuerdo al Método del Instituto del Asfalto.

% ASFALTO	DENSIDAD	VTM	VMA	VFA	ESTABILIDAD (KG)	ESTABILIDAD (KN)	FLUJO	ESTABILIDAD /FLUJO	% Asfalto. Aprox	
5.0%	2.356	3.732	13.970	73.29%	1345.41	13.19	13.33	3972.68	Est. Max	6.50
5.5%	2.345	3.448	14.798	76.71%	962.53	9.44	11.50	3295.22	Densi Max.	6.50
6.0%	2.370	7.049	14.353	50.90%	1183.28	11.60	12.33	3777.22	Al 4% de vac.	5.15
6.5%	2.396	-0.053	13.900	100.48%	1411.54	13.84	13.00	4274.82	METODO 2	6.05

Fuente: Propia (2023).

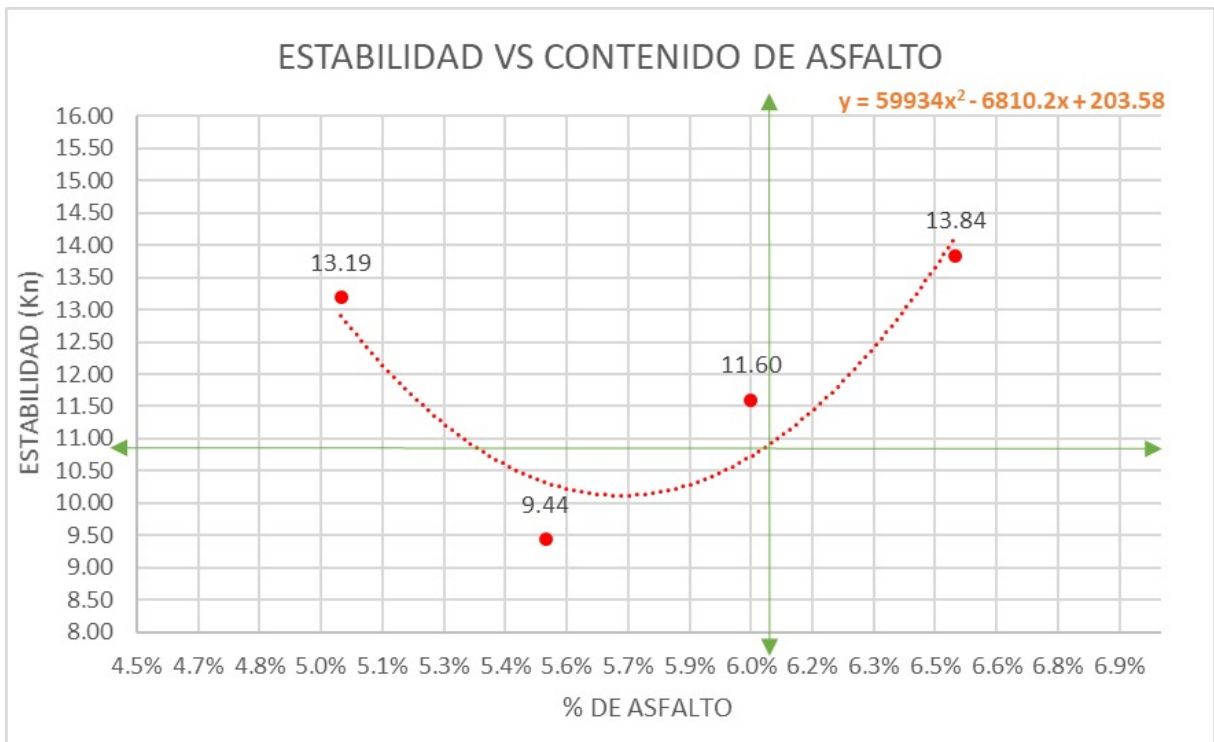
Figura N°143: Contenido de Asfalto vs Densidad.



Fuente: Propia (2023).

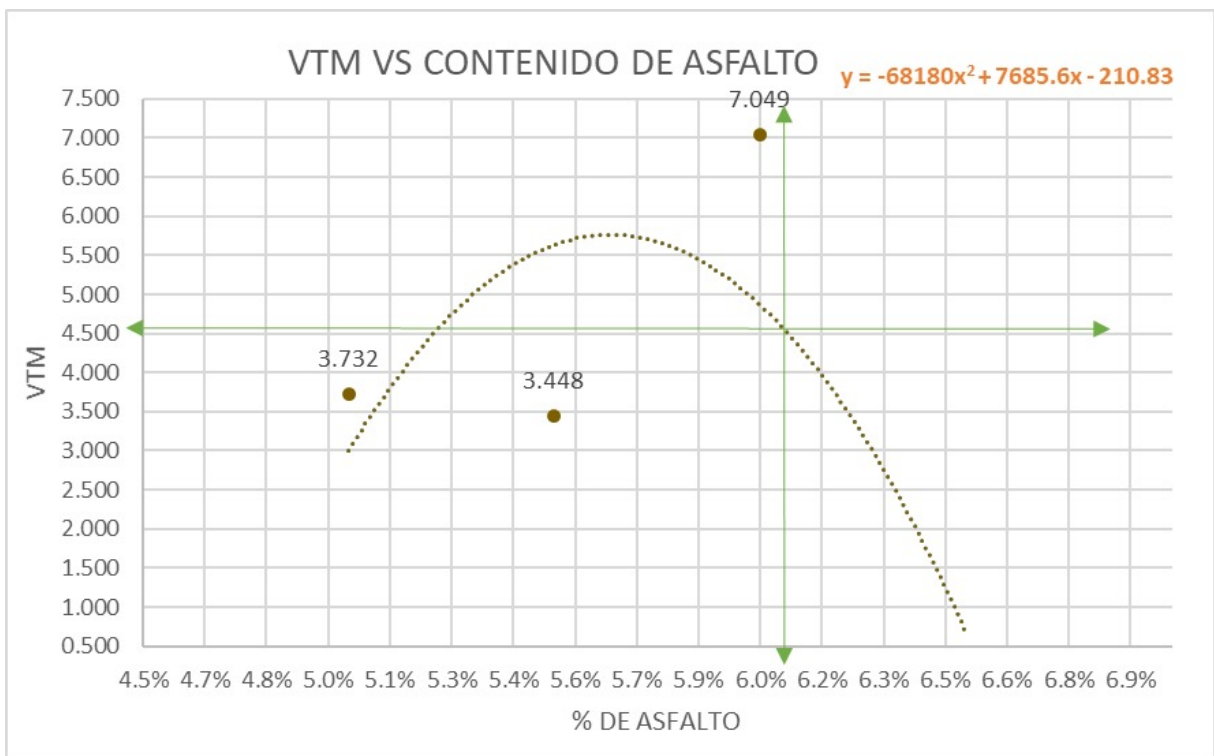


Figura N°144: Contenido de Asfalto vs Estabilidad.



Fuente: Propia (2023).

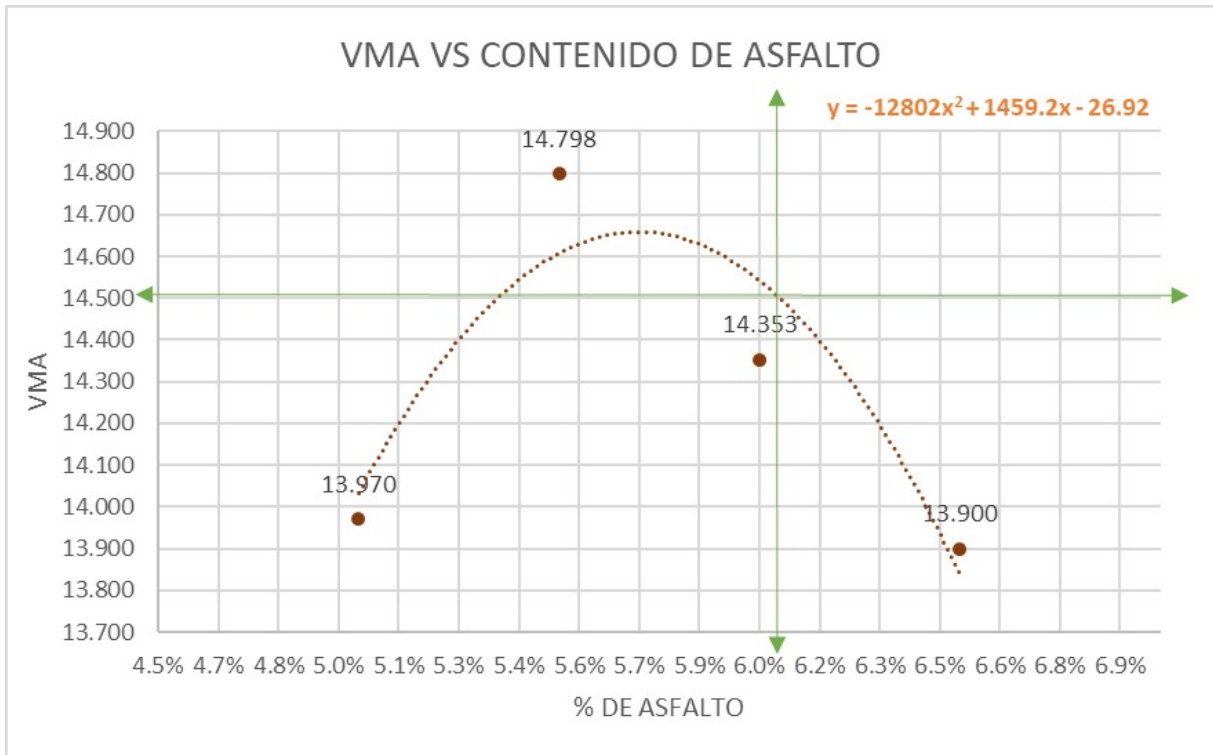
Figura N°145: Contenido de Asfalto vs VTM.



Fuente: Propia (2023).

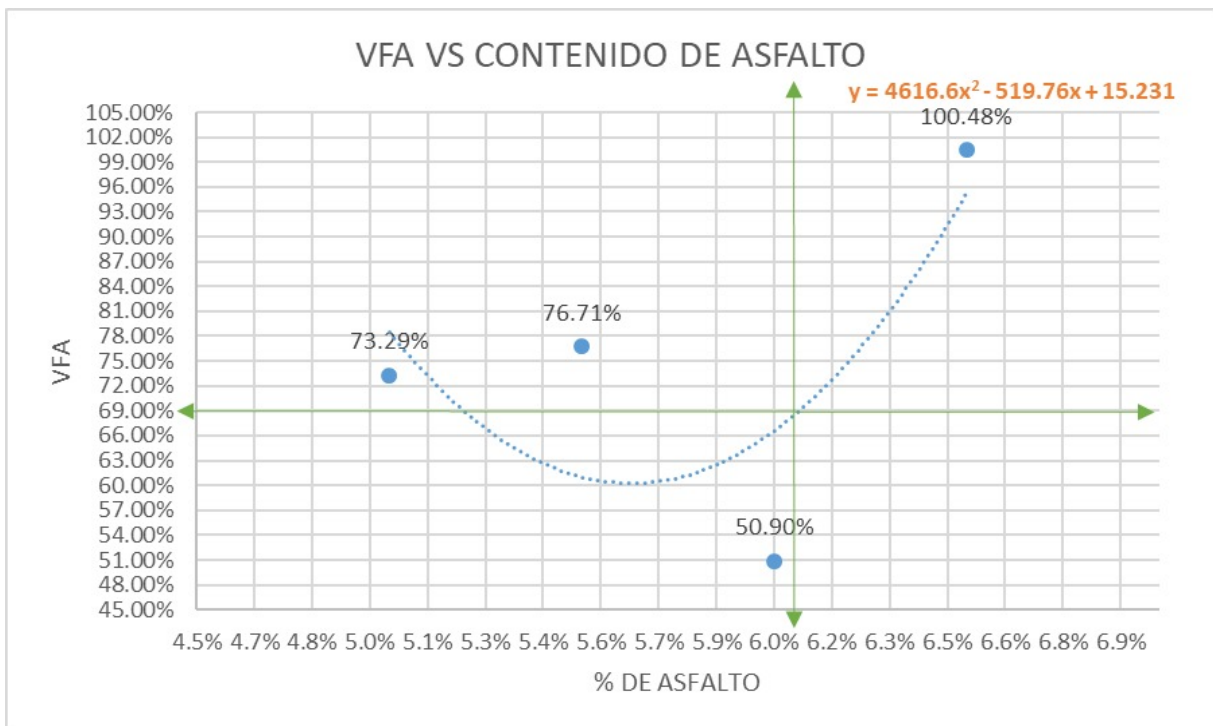


Figura N°146: Contenido de Asfalto vs VMA.



Fuente: Propia (2023).

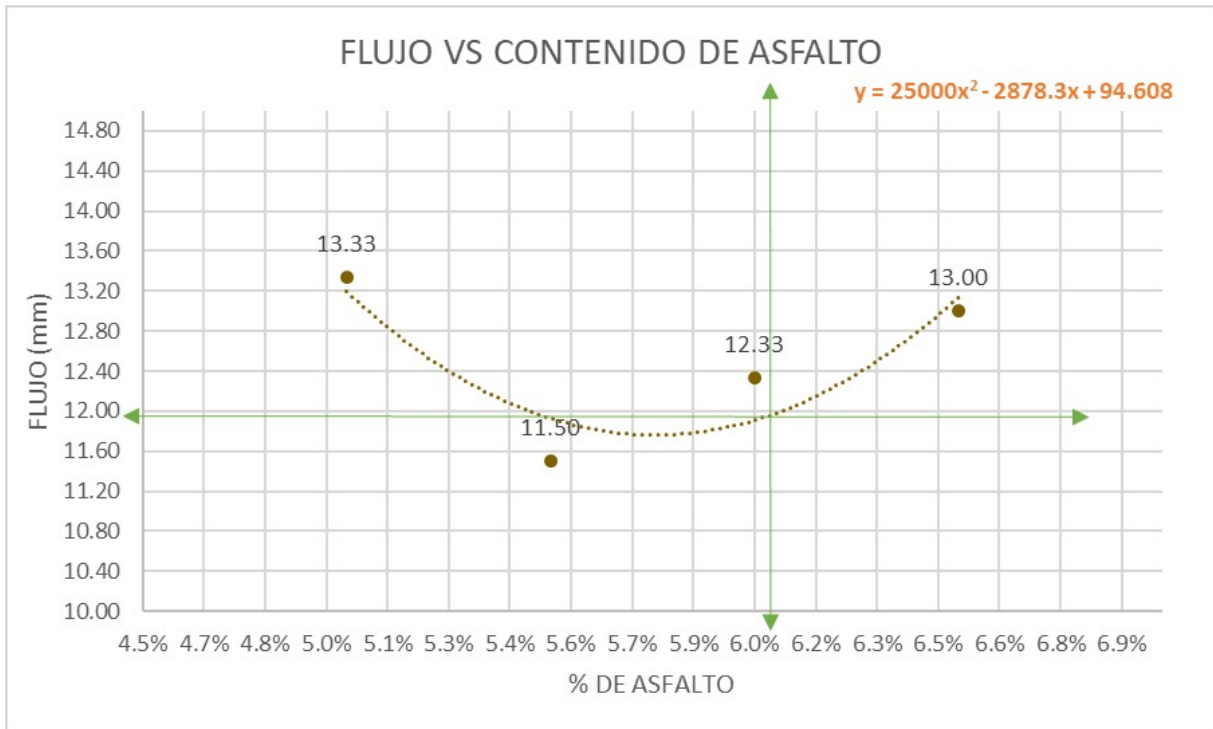
Figura N°147: Contenido de Asfalto vs VFA.



Fuente: Propia (2023).

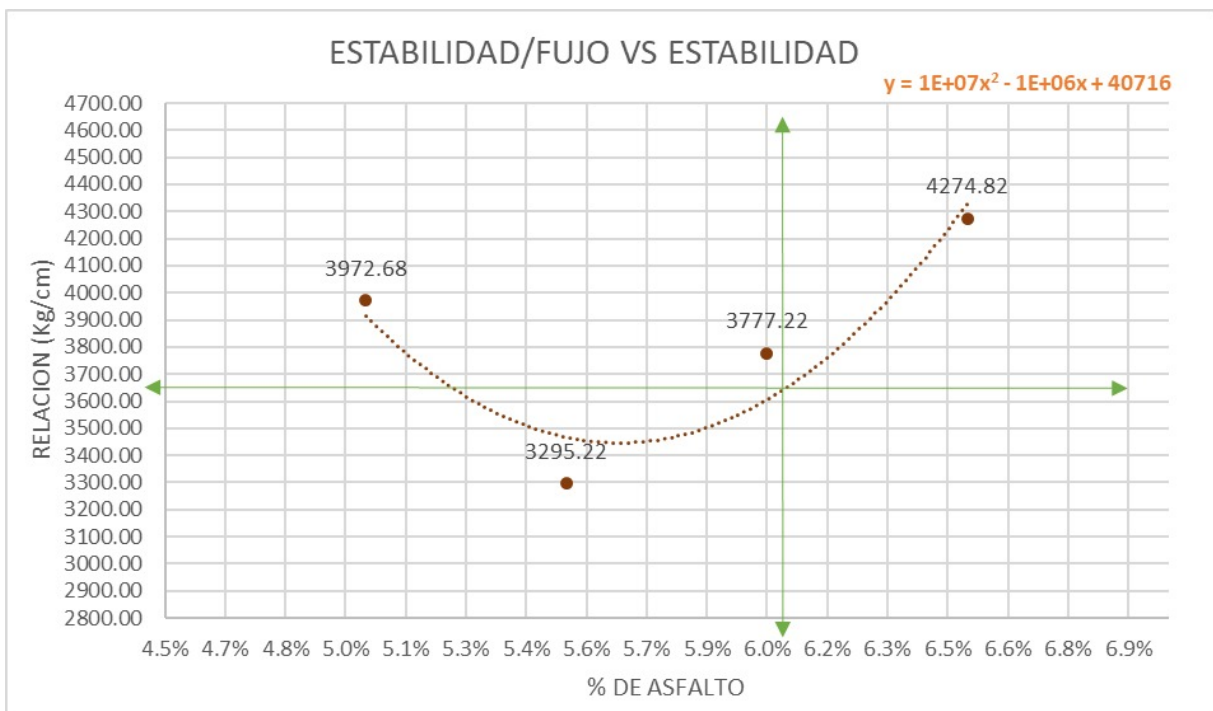


Figura N°148: Contenido de Asfalto vs Flujo.



Fuente: Propia (2023).

Figura N°149: Contenido de Asfalto vs Estabilidad/Flujo.



Fuente: Propia (2023).





### Análisis del Ensayo:

El contenido óptimo de asfalto obtenido para la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de Escoria de Hierro Reciclado de la presente investigación, después de haber ensayado el contenido de asfalto entre los porcentajes de 5.5%, 6%, 6.5% y 7% independiente. Corresponde al 6.05%, a partir de este resultado los valores obtenidos para sus respectivos parámetros corresponden a:

- De acuerdo a la figura 184, el valor de Estabilidad obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.05% es de 10.94 KN, valor que supera al parámetro 8.15 KN mínimo especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 188, el valor de Flujo obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.05% es de 11.98”, valor que se encuentra dentro del rango 8” - 14” especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 185, el valor de vacíos de aire en la mezcla compactada (VTM) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.05% es de 4.59%, valor que se encuentra dentro del rango 3% - 5% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 186, el valor de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.05% es de 14.50%, valor que supera el parámetro mínimo de 14% especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 187, el valor de vacíos llenos de asfalto (VFA) obtenido para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.05% es de 68%, valor que se encuentra dentro del rango 65% - 75% especificado en el reglamento



C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú.

- De acuerdo a la figura 189, la relación Estabilidad Flujo para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.05% es de 3665.71 kg/cm, valor que se encuentra dentro del rango 1700 - 4000 especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.
- De acuerdo a la figura 183, el valor de Densidad para una mezcla asfáltica en caliente con un contenido de asfalto de 6.05% es de 2.37 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla N°142: Resultado de Contenido Óptimo de Asfalto para la MAC Modificada con 26% de Escoria de Hierro.

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL PORCENTAJE ÓPTIMO					
Mezcla asfáltica Modificada con 26% de Escoria de Hierro					
	NORMATIVA		MET. 02	OBSERVACIÓN	
	CE - 010	EG - 2013	6.05%	CE - 010	EG - 2013
Estabilidad (Kg)	8.15 KN mín	8.15 KN mín	10.94	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
Flujo (0.25mm)	8 - 14	8 - 14	11.98	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VTM	-	3 - 5	4.59	-	<i>Si Cumple</i>
VMA	14 % Min	14 % Min	14.50	<i>Si Cumple</i>	<i>Si Cumple</i>
VFA	65 - 75%	70 - 80%	68%	<i>Si Cumple</i>	<i>No Cumple</i>
Relacion estabilida / flujo	-	1700 - 4000	3665.71	-	<i>Si Cumple</i>
DENSIDAD	-	-	2.37	-	-

Fuente: Propia (2023).

Q. Cálculo de Resistencia a la Compresión Simple de Mezcla Asfáltica en Caliente Patrón y Mezclas Asfálticas en Caliente Modificadas con Escoria de Hierro en Reemplazo de Agregado Fino Elaboradas con Cemento Asfáltico PEN 85/100.

#### Análisis del Ensayo

Los valores de Resistencia a la Compresión Simple obtenidos a partir de los diseños elaborados tanto para la mezcla asfáltica en caliente patrón y las mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino fueron obtenidas a partir de la ejecución del ensayo mediante el uso de una prensa hidráulica de compresión simple.



Tabla N°143: Resultado de Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE MEZLAS ASFÁLTICAS</b>									
NOMBRE DE LA TESIS	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTA	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO								
FECHA:	14/06/2023								
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA PATRON</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm2)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	F'c (kg/cm2) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.5%	9.95	9.96	9.96	5.90	77.835	5523.10	70.96	71.02
2		9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	5527.60	71.09	
3	6.0%	9.94	9.90	9.92	6.40	77.288	5764.80	74.59	74.32
4		10.00	9.90	9.95	6.50	77.756	5758.70	74.06	
5	6.5%	9.9	10.1	10.00	6.5	78.540	8955.40	114.02	115.14
6		9.90	9.90	9.90	6.50	76.977	8948.30	116.25	
7	7.0%	9.9	10.1	10.00	6.3	78.540	10000.90	127.34	127.32
8		10.00	10.00	10.00	6.20	78.540	9997.70	127.29	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 17% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm2)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	F'c (kg/cm2) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1.00	0.05	9.90	9.90	9.90	6.60	76.98	6156.20	79.97	79.74
2.00		9.90	9.90	9.90	6.10	76.98	6120.70	79.51	
3.00	0.06	9.90	10.00	9.95	6.50	77.76	7933.30	102.03	102.45
4.00		9.90	9.90	9.90	6.40	76.98	7918.50	102.87	
5.00	0.06	9.90	9.90	9.90	6.40	76.98	9403.40	122.16	121.12
6.00		9.90	10.10	10.00	6.30	78.54	9430.80	120.08	
7.00	0.07	9.90	10.00	9.95	6.40	77.76	8454.50	108.73	109.59
8.00		9.90	9.90	9.90	6.20	76.98	8502.20	110.45	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 20% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm2)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	F'c (kg/cm2) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	9.90	9.90	6.30	76.977	9070.60	117.84	116.71
2		9.95	9.96	9.96	5.90	77.835	8995.80	115.58	
3	5.5%	10.00	10.00	10.00	6.30	78.540	9984.00	127.12	127.55
4		9.94	9.90	9.92	6.40	77.288	9890.70	127.97	
5	6.0%	9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	10175.50	132.19	130.97
6		9.90	10.10	10.00	6.30	78.540	10190.00	129.74	
7	6.5%	9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	11042.80	143.46	141.98
8		9.90	10.10	10.00	6.50	78.540	11035.50	140.51	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 23% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm2)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	F'c (kg/cm2) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	8215.10	106.72	106.29
2		9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	8231.90	105.87	
3	5.5%	9.90	9.90	9.90	6.40	76.977	10927.40	141.96	142.45
4		9.90	9.90	9.90	6.40	76.977	11003.20	142.94	
5	6.0%	9.90	10.10	10.00	6.30	78.540	10288.70	131.00	131.83
6		9.90	10.00	9.95	6.50	77.756	10315.30	132.66	
7	6.5%	9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	10786.20	140.12	136.06
8		9.90	9.90	9.90	6.60	76.977	10161.30	132.00	
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 26% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm2)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	F'c (kg/cm2) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	9837.90	126.52	126.45
2		9.90	9.90	9.90	6.30	76.977	9728.80	126.39	
3	5.5%	10.00	9.90	9.95	6.50	77.756	9233.00	118.74	119.07
4		9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	9191.60	119.41	
5	6.0%	9.90	9.90	9.90	6.50	76.977	10232.70	132.93	133.12
6		9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	10261.30	133.30	
7	6.5%	10.00	10.00	10.00	6.20	78.540	9959.10	126.80	126.97
8		10.00	10.00	10.00	6.30	78.540	9984.80	127.13	

Fuente: Propia (2023).



Pudimos apreciar que los valores de resistencia a la compresión simple de una mezcla asfáltica en caliente elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 incrementa su capacidad respecto a un diseño de mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 sin modificar (patrón). Teniendo como máximo 137.13 kg/cm<sup>2</sup>, valor correspondiente al diseño de mezcla asfáltica en caliente elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 modificada con 23% de escoria de hierro en reemplazo de agregado fino con un contenido óptimo de asfalto de 5.70%.

#### R. Cálculo de Análisis de Precios Unitarios.

Se evaluó el análisis de precios unitarios de los diseños óptimos para la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 patrón cuyo porcentaje óptimo de cemento asfáltico es de 6.23% y para la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con 26% de escoria de hierro en reemplazo de agregado fino, cuyo porcentaje óptimo de cemento asfáltico es de 6.05%.

Se muestra los resultados obtenidos a continuación:

Tabla N° 144: Análisis de precios unitarios para la MAC patrón.

Partida							PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100 - CONVENCIONAL (6.23% Óptimo DE C.A)			
Rendimiento	m3/DIA	MO.	120.0000	EQ.	120.0000	Costo unitario directo por : m3			265.40	
Descripción Recurso						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>										
OPERARIO						hh	2.0000	0.1333	17.77	2.37
OFICIAL						hh	2.0000	0.1333	13.99	1.86
PEON						hh	6.0000	0.4000	12.61	5.04
										<b>9.28</b>
<b>Materiales</b>										
PIEDRA CHANCADA						m3		0.3750	63.56	23.84
ARENA NATURAL						m3		0.1860	84.75	15.76
ARENA TRITURADA						m3		0.3750	67.8	25.43
CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100						gln		17.0000	7.8	132.60
										<b>197.62</b>
<b>Equipos</b>										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	9.27	0.28
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP						hm	1.0000	0.0667	194.92	13.00
PLANTA DE ASFLATO EN CALIENTE 50 tn/h						hm	1.0000	0.0667	677.97	45.22
										<b>58.50</b>

Fuente: Propia (2023).



Tabla N°145: Análisis de precios unitarios para la MAC modificada con 26% de escoria de hierro.

PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIA DE HIERRO EN REMPLAZO DE AGREGADO FINO - OPTIMA (26% Escoria y 6.05% C.A)										
Partida										
Rendimiento	m3/DIA	MO.	120.0000	EQ.	120.0000	Costo unitario directo por : m3	351.42			
Descripción Recurso						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>										
OPERARIO						hh	2.0000	0.1333	17.77	2.37
OFICIAL						hh	2.0000	0.1333	13.99	1.86
PEON						hh	6.0000	0.4000	12.61	5.04
										<b>9.28</b>
<b>Materiales</b>										
PIEDRA CHANCADA						m3		0.3758	63.56	23.89
ARENA NATURAL						m3		0.1390	84.75	11.78
ARENA TRITURADA						m3		0.3758	67.8	25.48
CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100						gln		16.0000	7.8	124.80
ESCORIA DE HIERRO RECICLADO						kg		48.8500	2	97.70
										<b>283.65</b>
<b>Equipos</b>										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	9.27	0.28
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP						hm	1.0000	0.0667	194.92	13.00
PLANTA DE ASFLATO EN CALIENTE 50 tn/h						hm	1.0000	0.0667	677.97	45.22
										<b>58.50</b>

Fuente: Propia (2023).

Los valores de precio unitario entre ambos diseños de mezcla, presentan un incremento el cual es debido a la incorporación de un material nuevo. El precio unitario para una mezcla asfáltica patrón óptimo con un porcentaje de 6.23% de cemento asfáltico nos da un valor de S/. 265.40, mientras que el precio unitario de la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria y con un porcentaje óptimo de cemento asfáltico de 6.05% nos da un valor de S/. 351.42

#### 4.2. Resultados respecto a los objetivos específicos

- **Objetivo específico 01:**

Determinar la variación de la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco- Cusco - 2023.

#### Estabilidad

Los valores de Estabilidad obtenidos para las mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino superan al parámetro 8.15 KN



mínimo especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC. Los valores obtenidos de estabilidad para las diferentes mezclas asfálticas con contenido de asfalto óptimo de la presente investigación son:

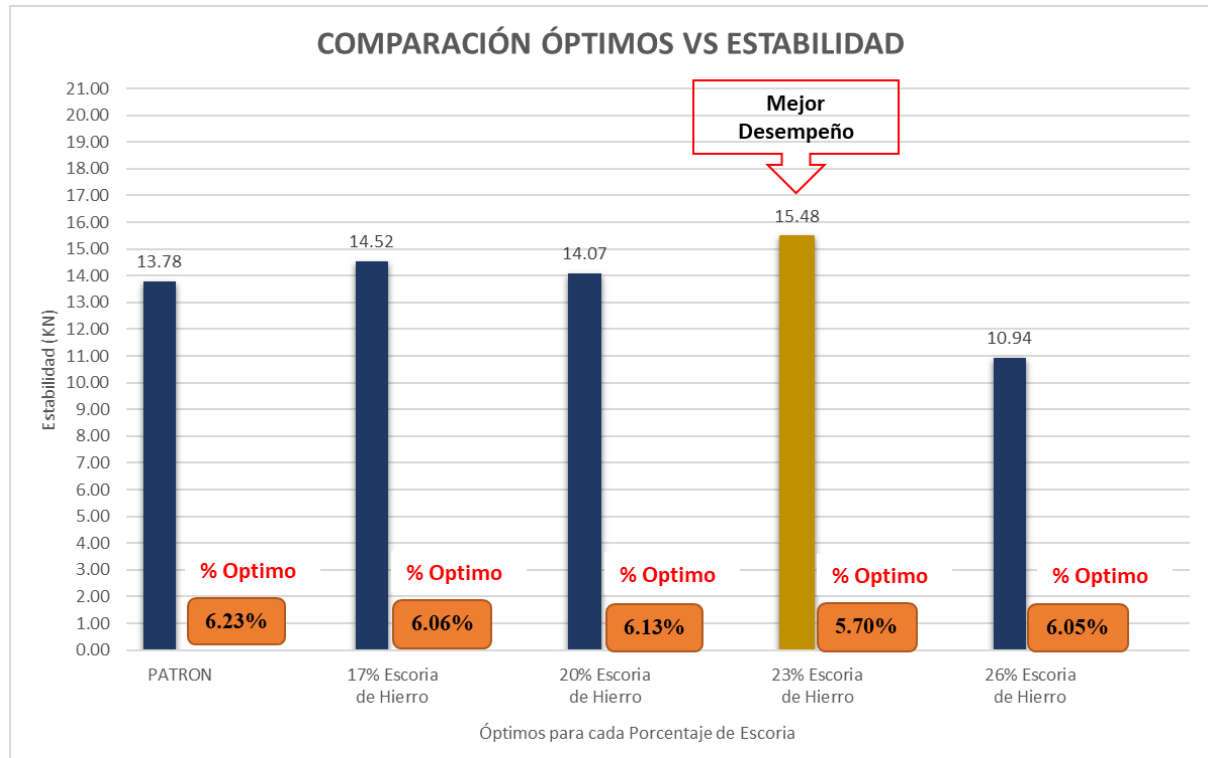
- Mezcla asfáltica en caliente patrón óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.23% de contenido de asfalto: Estabilidad obtenida de 13.78 KN.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 17% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.06% de contenido de asfalto: Estabilidad obtenida de 14.52 KN.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 20% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.13% de contenido de asfalto: Estabilidad obtenida de 14.07 KN.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 5.70% de contenido de asfalto: Estabilidad obtenida de 15.48 KN.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.05% de contenido de asfalto: Estabilidad obtenida de 10.94 KN.

De los valores detallados anteriormente podemos determinar que la mezcla asfáltica con mejor desempeño en cuanto al parámetro de estabilidad corresponde a la mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de escoria de hierro con contenido óptimo de asfalto de 5.70% elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100, con un valor de 15.48 KN.





Figura N°150: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Estabilidad.



Fuente: Propia (2023).

### Flujo

Los valores de Flujo obtenidos para las mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino se encuentran dentro del rango de 8” - 14” especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC. Los valores obtenidos de flujo para las diferentes mezclas asfálticas con contenido de asfalto óptimo en la presente investigación son:

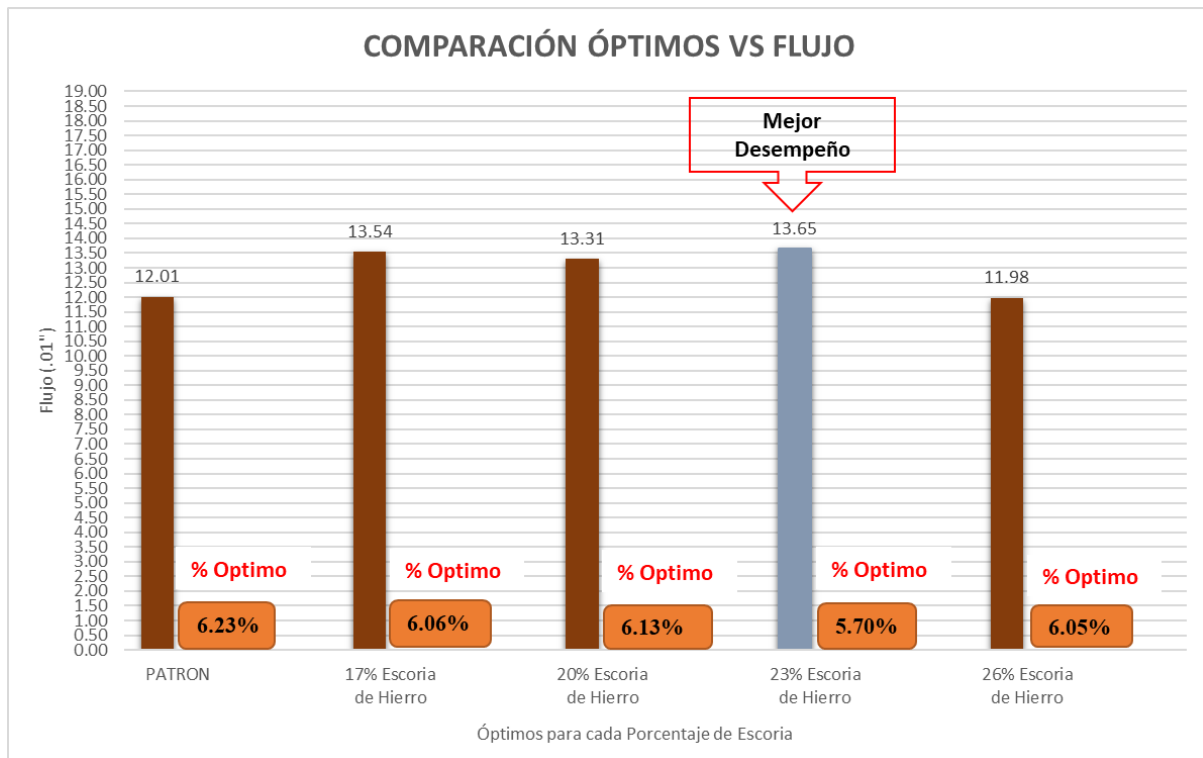
- Mezcla asfáltica en caliente patrón óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.23% de contenido de asfalto: Flujo obtenido de 12.01mm.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 17% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.06% de contenido de asfalto: Flujo obtenido de 13.54 mm.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 20% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.13% de contenido de asfalto: Flujo obtenido de 13.31 mm.



- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 5.70% de contenido de asfalto: Flujo obtenido de 13.05 mm.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.05% de contenido de asfalto: Flujo obtenido de 11.98 mm.

De los valores detallados anteriormente podemos determinar que la mezcla asfáltica con mejor desempeño en cuanto al parámetro de flujo corresponde a la mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de escoria de hierro con contenido óptimo de asfalto de 5.70% elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100, con un valor de 15.48 KN.

Figura N°151: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Flujo



Fuente: Propia (2023).

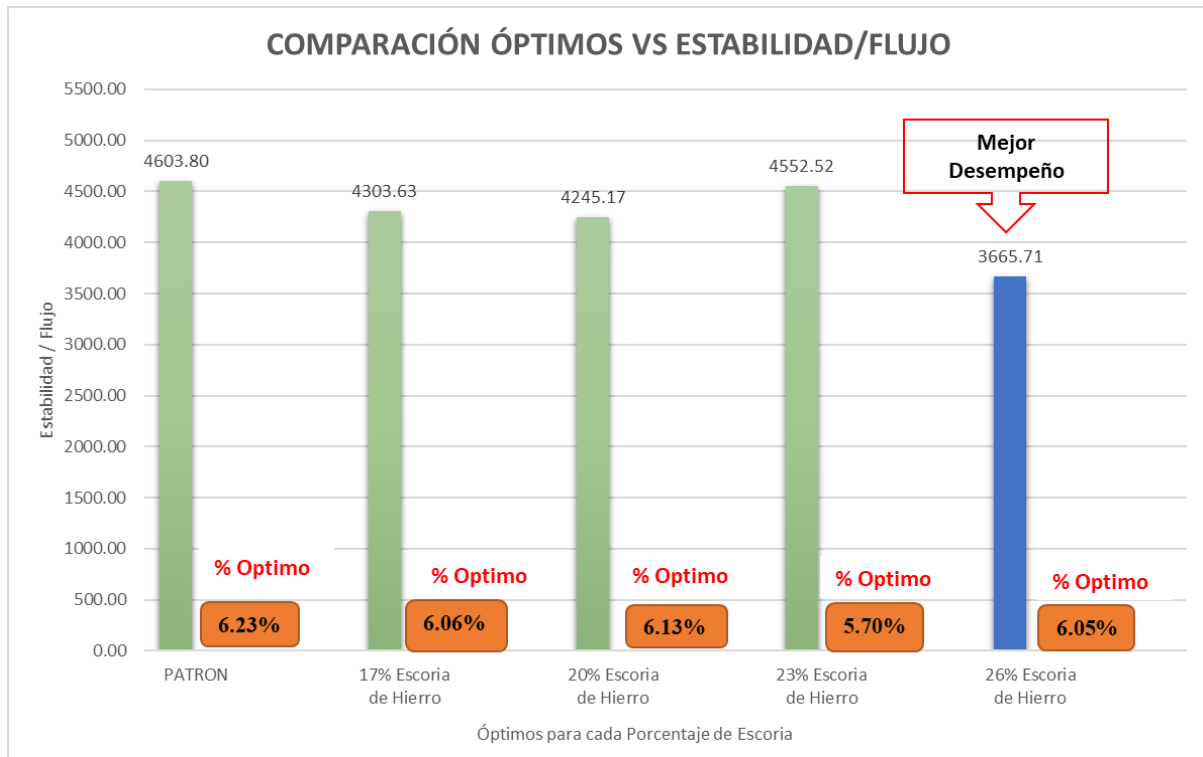
#### Relación estabilidad / flujo

De acuerdo a los valores obtenidos en la presente investigación de la relación estabilidad/flujo de las diferentes mezclas asfálticas elaboradas, el diseño de la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria en reemplazo de agregado fino es la única que se encuentra dentro del parámetro máximo de 4000 kg/cm estipulado en



las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC. El valor de relación estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica en caliente modificada mencionada anteriormente corresponde a 3665.71 kg/cm.

Figura N°152: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Relación Estabilidad/Flujo



Fuente: Propia (2023).

- **Objetivo específico 02:**

Determinar la variación de los parámetros volumétricos de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.

Valor de vacíos en la mezcla compactada (VTM)

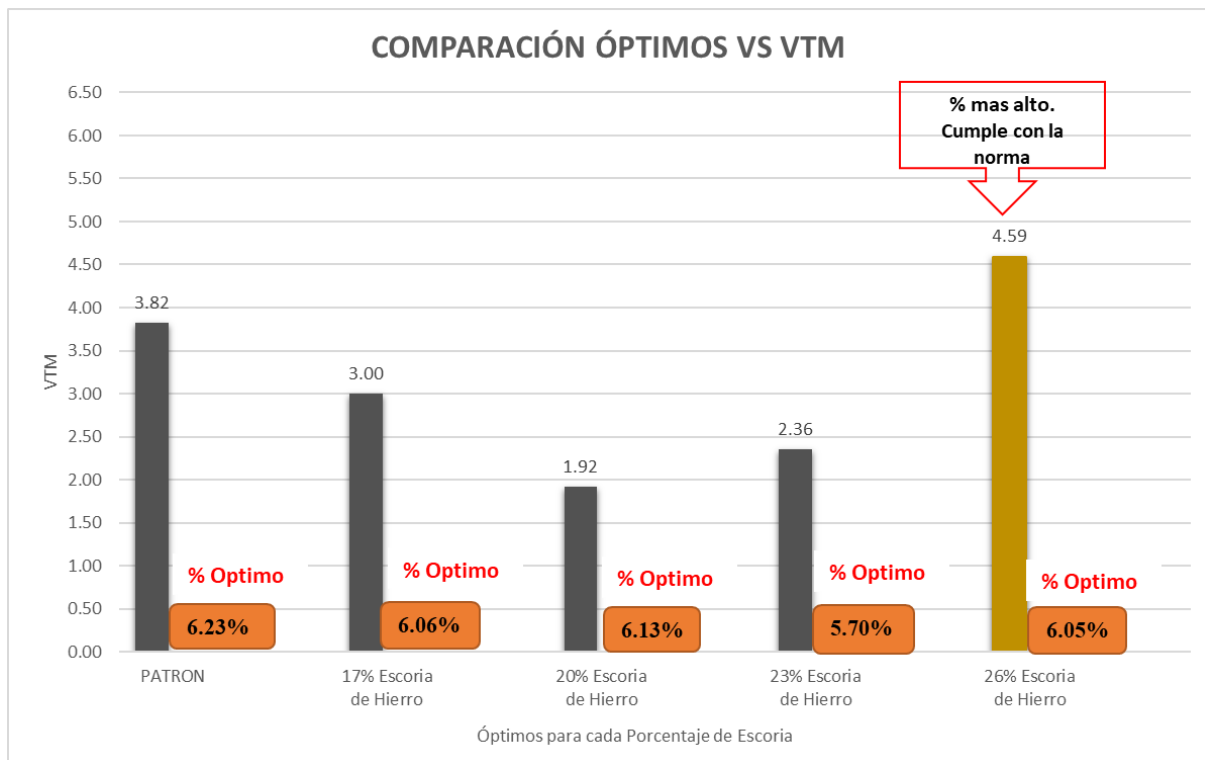
Los valores de VTM obtenidos para la mezcla asfáltica en caliente patrón y mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino en porcentajes de 17% y 23% se encuentran dentro del rango 3% - 5% especificado en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC, estos valores son:

- Mezcla asfáltica en caliente patrón óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.23% de contenido de asfalto: VTM obtenido de 3.82%.



- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 17% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.06% de contenido de asfalto: VTM obtenido de 3%.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.05% de contenido de asfalto: VTM obtenido de 4.59%.

Figura N°153: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs VTM



Fuente: Propia (2023).

#### Valor de vacíos en el agregado mineral (VMA)

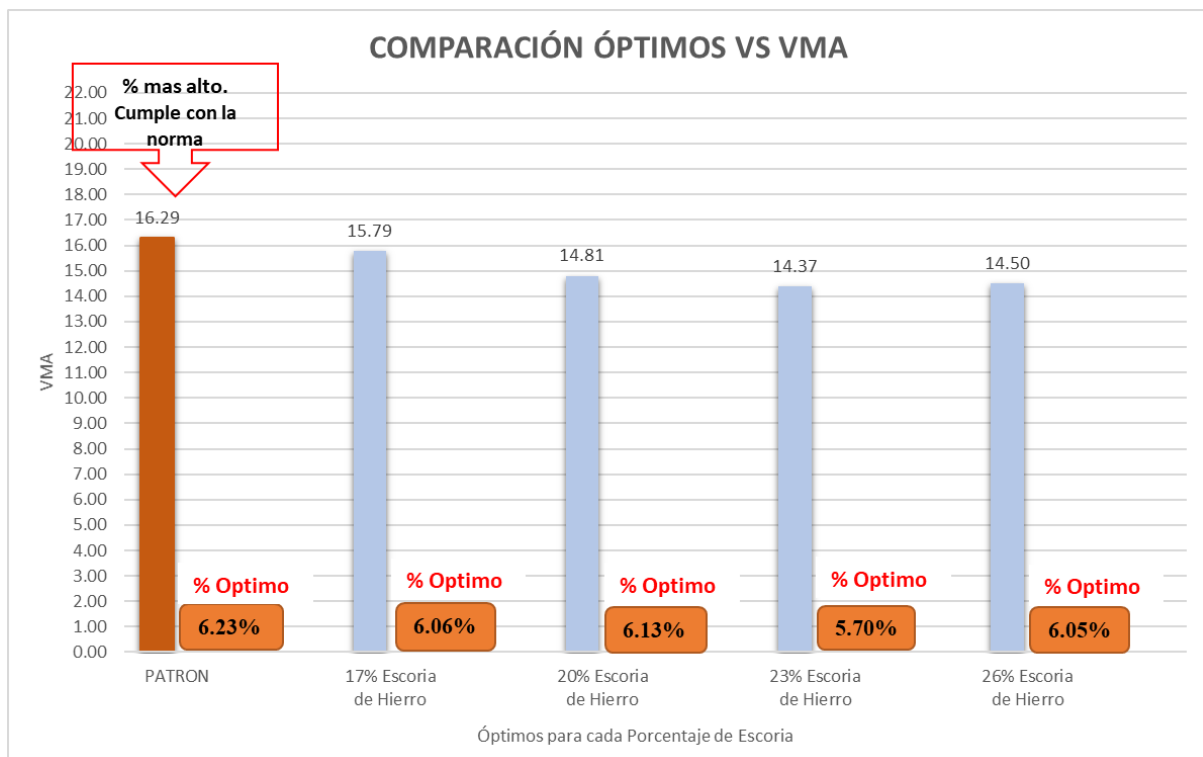
Los valores de VMA obtenidos para la mezcla asfáltica en caliente patrón y mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino se encuentran dentro del parámetro mínimo de 14% especificado en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC, estos valores son:

- Mezcla asfáltica en caliente patrón óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.23% de contenido de asfalto: VMA obtenido de 16.29%.



- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 17% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.06% de contenido de asfalto: VMA obtenido de 15.79%.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 20% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.13% de contenido de asfalto: VMA obtenido de 14.81%.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 5.70% de contenido de asfalto: VMA obtenido de 14.37%.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.05% de contenido de asfalto: VMA obtenido de 14.50%.

Figura N°154: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs VMA



Fuente: Propia (2023).

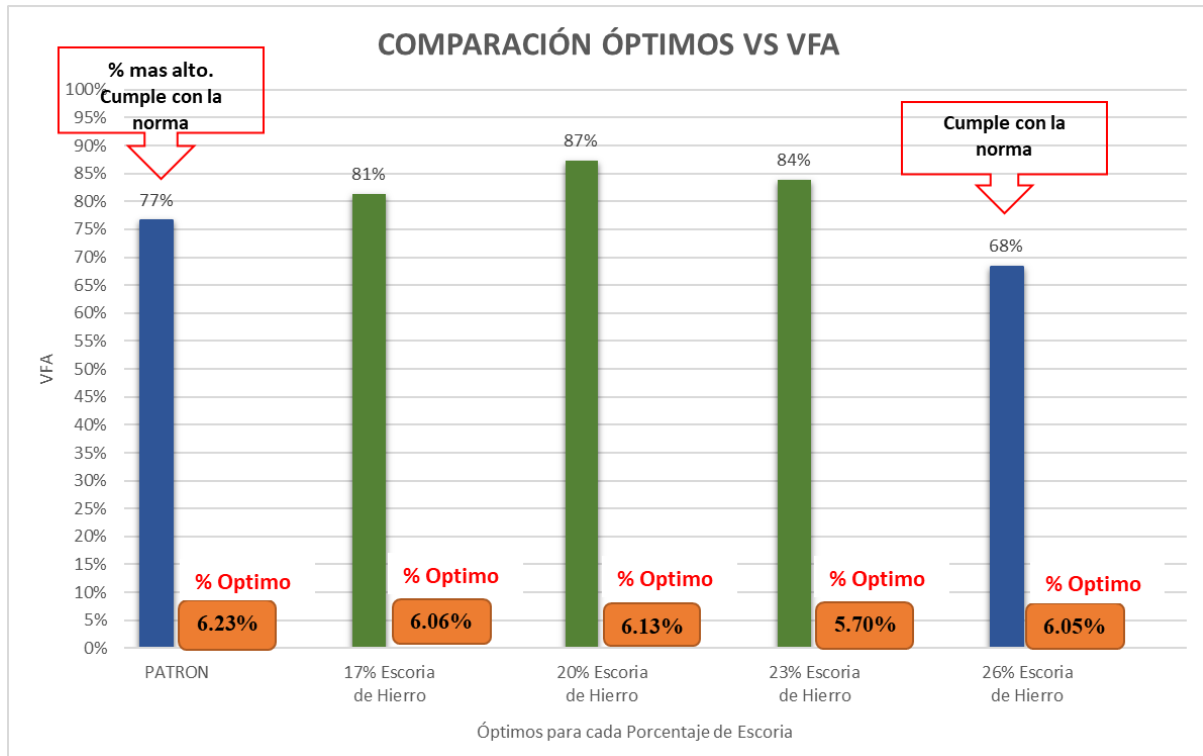
#### Valor de vacíos llenos de asfalto (VFA)

El valor de VFA obtenido para la mezcla asfáltica en caliente patrón se encuentra dentro del rango de 70% - 80% estipulado en las Especificaciones Técnicas Generales para la



Construcción EG-2013 del MTC, siendo de 77%. Sin embargo, de acuerdo a los parámetros entre 65% - 75% especificados en el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú, la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria de hierro en reemplazo de agregado fino presenta un valor de 68% el cual está dentro de los límites establecidos.

Figura N°155: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs VFA



Fuente: Propia (2023).

- **Objetivo específico 03:**

Determinar la variación del peso unitario de la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.

El valor de peso unitario de la mezcla asfáltica en caliente patrón con 6.23% de contenido óptimo de asfalto elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 corresponde a 2.32 g/cm<sup>3</sup>. así mismo los valores de peso unitario correspondientes a las mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo de agregado fino, corresponden a:



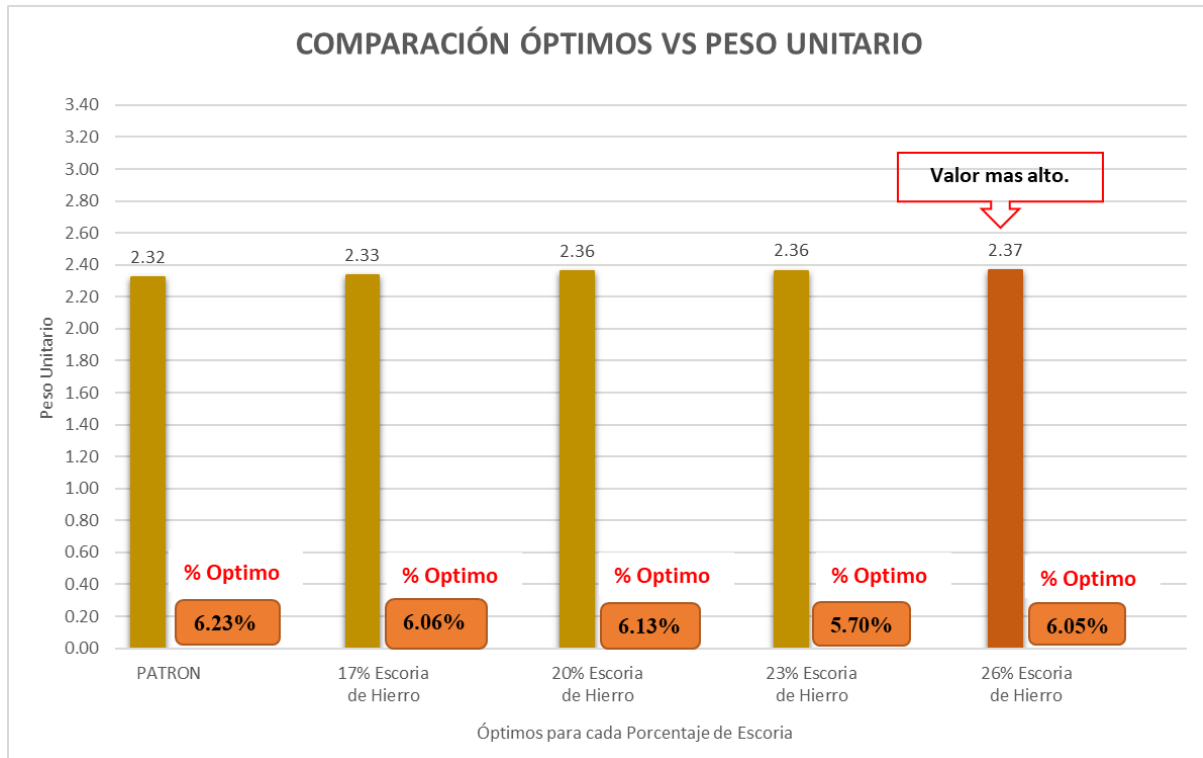


- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 17% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.06% de contenido de asfalto: Peso Unitario obtenido de 2.33 g/cm<sup>3</sup>.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 20% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.13% de contenido de asfalto: Peso Unitario obtenido de 2.36 g/cm<sup>3</sup>.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 5.70% de contenido de asfalto: Peso Unitario obtenido de 2.36 g/cm<sup>3</sup>.
- Mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de Escoria de Hierro en reemplazo de agregado fino óptima elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 con un 6.05% de contenido de asfalto: Peso Unitario obtenido de 2.37 g/cm<sup>3</sup>.

Realizando la comparación entre la mezcla asfáltica en caliente patrón con contenido de asfalto óptimo de 6.23% y las mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo de agregado fino elaboradas con cemento asfáltico PEN 85/100, podemos apreciar de que existe un incremento del valor de peso unitario en las mezclas asfálticas en caliente modificadas respecto a la mezcla asfáltica en caliente patrón.



Figura N°156: Porcentajes Óptimos de Asfalto vs Peso Unitario



Fuente: Propia (2023).

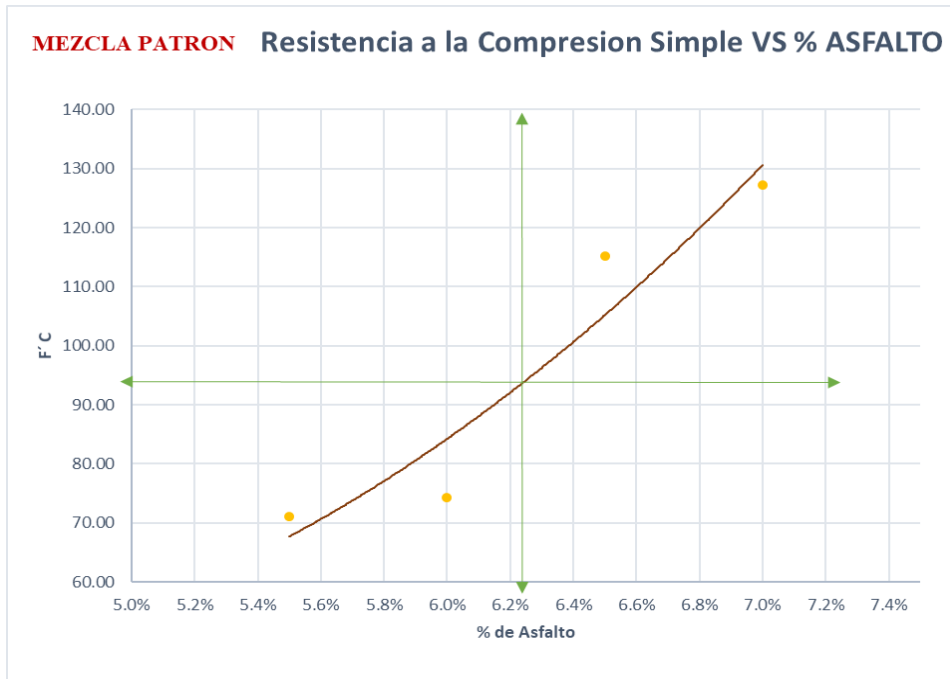
- **Objetivo específico 4:**

Determinar la variación de la resistencia a la compresión de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.

A partir del procesamiento de datos obtenidos del proceso de compresión simple desarrollado con los especímenes tanto de mezcla asfáltica en caliente patrón con contenido de asfalto en porcentajes de: 5.5%, 6.0%, 6.5% y 7.0%, y mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo de agregado fino al 17%, 20%, 23% y 26% con contenidos de asfalto en porcentajes de: 5.5%, 6.0%, 6.5% y 7.0%; se obtuvo los siguientes resultados:

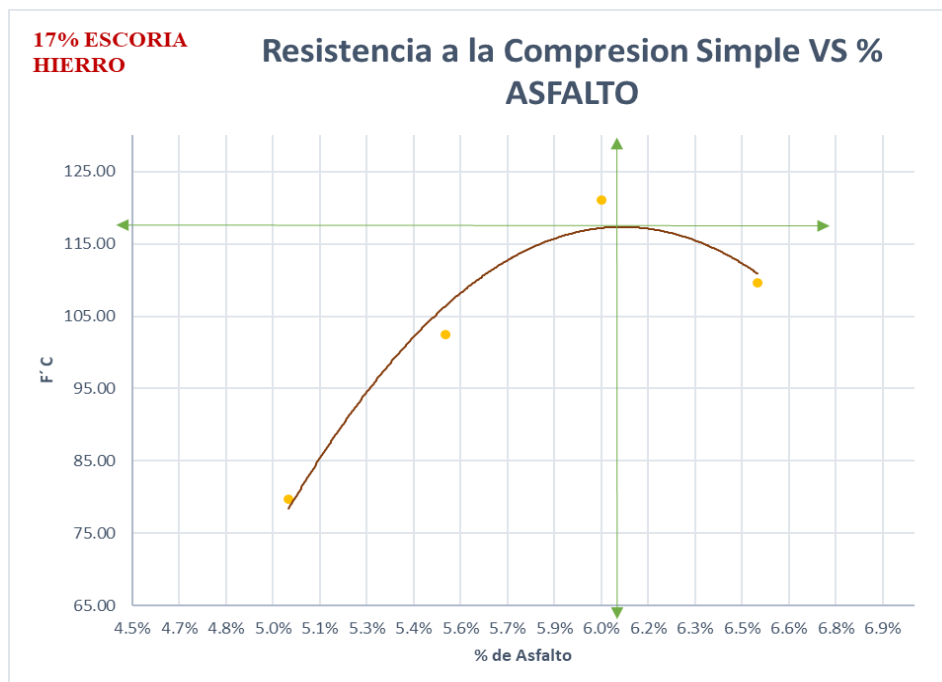


Figura N°157: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC patrón.



Fuente: Propia (2023).

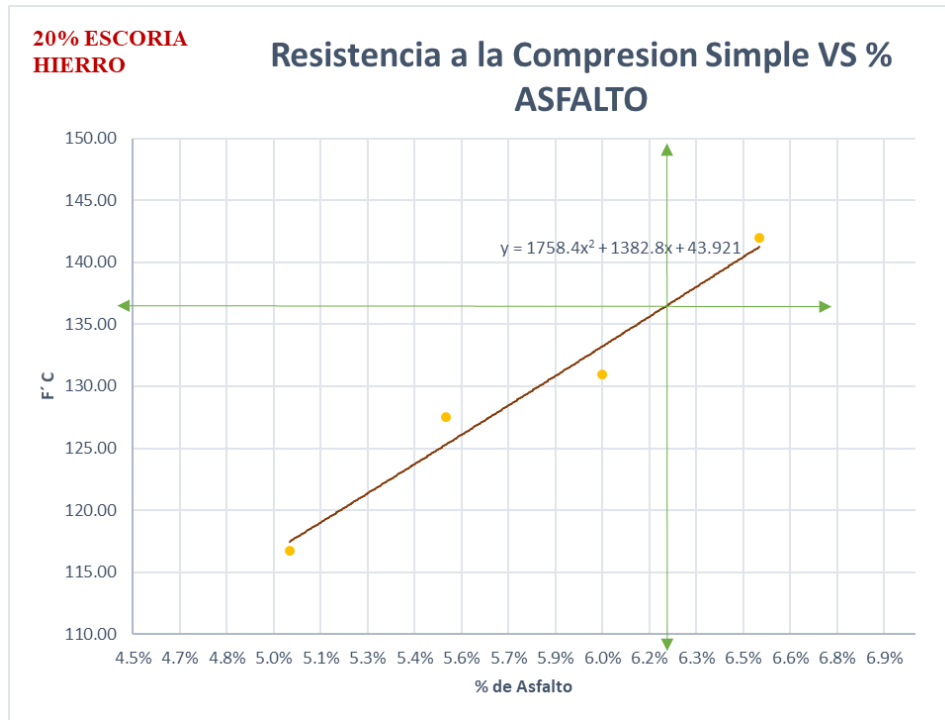
Figura N°158: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple MAC Modificada con 17% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).

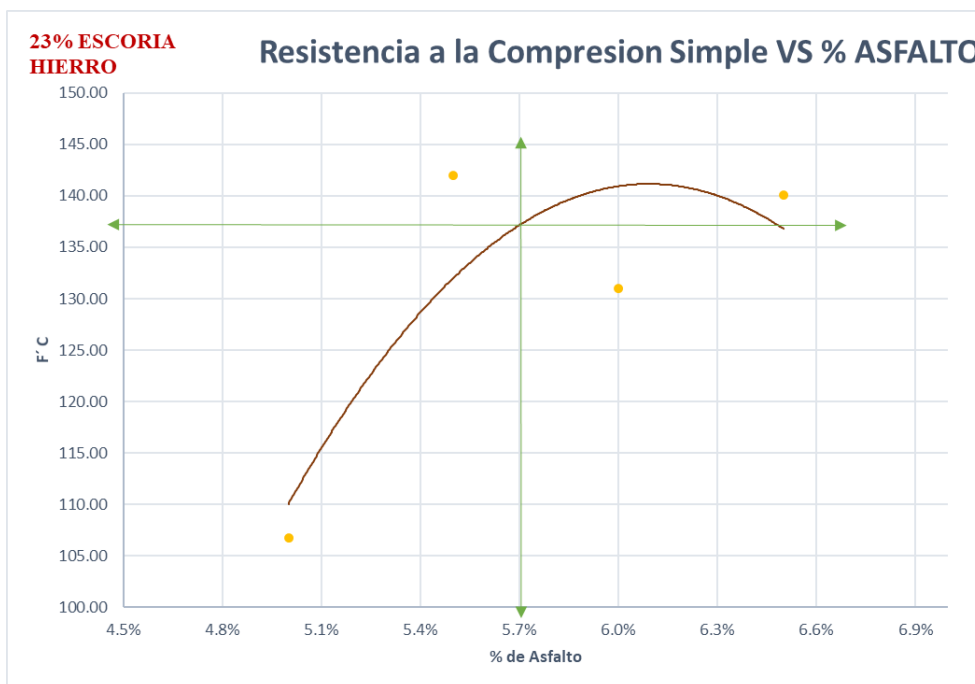


Figura N°159: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC Modificada con 20% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).

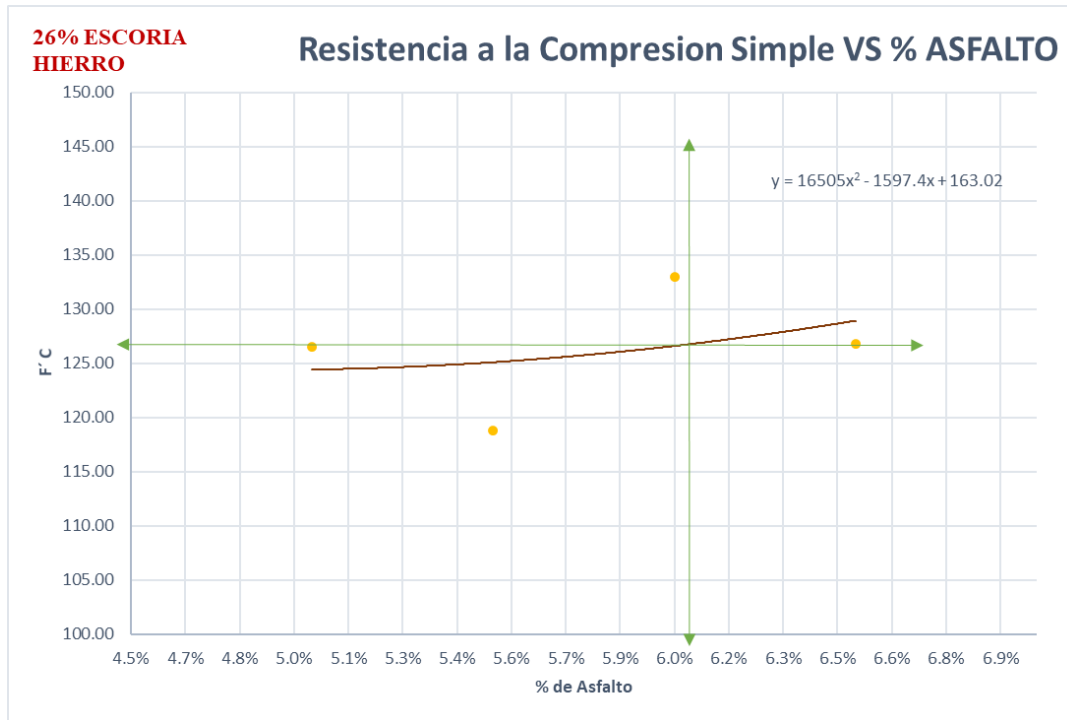
Figura N°160: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC Modificada con 23% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).



Figura N°161: Porcentaje Asfalto Vs Resistencia a la Compresión Simple. MAC  
Modificada con 26% de escoria de hierro.



Fuente: Propia (2023).

Tabla N°146: Resultados de Compresión para Porcentajes óptimos de asfalto.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>				
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>				
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE MEZLAS ASFÁLTICAS</b>					
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTA</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>Porcentajes Óptimos</b>	<b>Patron</b> 6.23%	<b>17% Escoria</b> 6.06%	<b>20% Escoria</b> 6.13%	<b>23% Escoria</b> 5.70%	<b>26% Escoria</b> 6.05%
<b>Resistencia a la Compresión (Kg/cm2)</b>	93.34	117.34	136.68	137.13	126.79

Fuente: Propia (2023).



Al concluir con el proceso de ejecución de Compresión Simple de los diferentes especímenes descritos anteriormente se pudo obtener serie de datos que representan la variación de la resistencia a la compresión simple de los diferentes porcentajes de asfaltos ya sea para una mezcla asfáltica en caliente patrón o modificada, pudiendo mediante la obtención de la misma determinar un valor próximo de resistencia a la compresión simple de los valores óptimos de contenido de asfalto y porcentaje de escoria óptimos de los diferentes diseños realizados a lo largo de la presente investigación. Teniendo a la Mezcla asfáltica modificada con 23% de Escoria de Hierro en reemplazo del agregado fino con un 5.70% de contenido de asfalto como el diseño con mayor resistencia a la compresión simple con un valor de 137.13 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un incremento del 47.66% respecto a la mezcla asfáltica en caliente patrón óptima elaborada con un contenido de asfalto del 6.23%.

Sin embargo, considerando todos los parámetros físico-mecánicos evaluados en el presente trabajo de investigación la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria de hierro en reemplazo de agregado fino, es la que presenta mejores condiciones de desempeño en cuanto a sus características físico-mecánicas teniendo un valor de resistencia a la compresión de 126.79 kg/cm<sup>2</sup> superando el valor de la mezcla asfáltica en caliente patrón en un 36.52%.

#### 4.3. Resultados respecto al objetivo general

- **Objetivo General:**

Evaluar la variación de las propiedades físico-mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023.

Una vez concluida la etapa procedimental del presente proyecto de investigación se pudo determinar los siguientes valores referentes a los parámetros físico-mecánicos de las mezclas asfálticas en caliente con contenidos de asfalto óptimos desarrollados, tanto mezcla asfáltica en caliente patrón como mezclas asfálticas en caliente modificadas.





Tabla N°147: Resultados de parámetros físico-mecánicos de MAC con contenidos de asfalto óptimos.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>RESULTADOS PORCENTAJES ÓPTIMOS DE ASFALTO</b>							
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO						
<b>PORCENTAJES OPTIMOS</b>	<b>ESTABILIDAD KN</b>	<b>FLUJO mm</b>	<b>VTM</b>	<b>VMA</b>	<b>VFA</b>	<b>PESO UNITARIO g/cm<sup>3</sup></b>	<b>RELACION ESTABILIDAD/FLUJO (Kg/cm)</b>
<i>Patron</i> 6.23%	13.78	12.01	3.82	16.29	77%	2.32	4603.80
<i>17% Escoria</i> 6.06%	14.52	13.54	3.00	15.79	81%	2.33	4303.63
<i>20% Escoria</i> 6.13%	14.07	13.31	1.92	14.81	87%	2.36	4245.17
<i>23% Escoria</i> 5.70%	15.48	13.65	2.36	14.37	84%	2.36	4552.52
<i>26% Escoria</i> 6.05%	10.94	11.98	4.59	14.50	68%	2.37	3665.71

Fuente: Propia (2023).

Se pudo determinar que la mezcla asfáltica patrón con contenido óptimo de asfalto corresponde a la mezcla asfáltica en caliente con 6.23% de contenido de asfalto, la cual posee las siguientes propiedades físico-mecánicas:

- Valor de vacíos en la mezcla compactada (VTM): 3.82%
- Valor de vacíos en el agregado mineral (VMA): 16.29%
- Valor de vacíos llenos de asfalto (VFA): 77.00%
- Peso Unitario: 2.32 g/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad: 13.78 KN
- Flujo: 12.01 mm
- Relación Estabilidad/Flujo: 4603.80 Kg/cm

Además, se pudo determinar que la mezcla asfáltica en caliente modificada con escorias de hierro en reemplazo del agregado fino que presenta mejoras en el desempeño de sus propiedades físico-mecánicas corresponde a la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26.0% de escoria de hierro con un contenido óptimo de asfalto del 6.05%. Realizando un análisis comparativo de las mezclas asfálticas en caliente mencionadas anteriormente se pudo observar lo siguiente:



- Respecto a la mezcla asfáltica patrón el valor de vacíos en la mezcla compactada (VTM) modificada con 26.0% de escoria de hierro en reemplazo del agregado fino incrementa en un 20%.
- Respecto a la mezcla asfáltica patrón el valor de vacíos en el agregado mineral (VMA) en la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26.0% de escoria de hierro en reemplazo del agregado fino se reduce en un 11%.
- Respecto a la mezcla asfáltica patrón el valor de vacíos llenos de asfalto (VFA) en la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26.0% de escoria de hierro en reemplazo del agregado fino se reduce en un 10.78%.
- Respecto a la mezcla asfáltica patrón el valor de Peso Unitario en la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26.0% de escoria de hierro en reemplazo del agregado fino incrementa en un 2%.
- Respecto a la mezcla asfáltica patrón el valor de la relación Estabilidad/Flujo en la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26.0% de escoria de hierro en reemplazo del agregado fino se encuentra dentro del margen de 1700-4000 estipulado por las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.



5. Capítulo IV: Discusión
  - 5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos
    - A lo largo del proceso de ejecución del presente trabajo de investigación, evaluando el comportamiento de una mezcla asfáltica en caliente elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 modificada con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino, se pudo observar diversos cambios a lo largo del proceso experimental de elaboración de una mezcla asfáltica en caliente modificada respecto a una mezcla asfáltica en caliente patrón. Uno de ellos tiene que ver con el contenido óptimo de asfalto, dado que, al reemplazar la arena natural en distintos porcentajes por la escoria de hierro reciclada, las mezclas asfálticas óptimas para cada reemplazo requirieron menor contenido de cemento asfáltico.
    - Se pudo determinar que efectivamente las propiedades físico-mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino poseen una mejoría en cuanto a los parámetros que estas propiedades poseen evaluadas desde el punto de vista normado en nuestro país, aportando un comportamiento mejorado y un mejor desempeño en la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria de hierro respecto a la mezcla asfáltica en caliente patrón.
    - Un factor de gran relevancia e importante resguardo al momento de desarrollar la elaboración y aplicación de las mezclas asfálticas en caliente (MAC) es el control constante de la temperatura de dicha mezcla, ya que para poder obtener un desempeño óptimo y acorde a los parámetros de diseño que busquemos con la misma debemos mantener un margen cuasi ideal. Característica que al emplear un material ajeno a los tradicionales para el desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente como la escoria de hierro reciclado resulta ser más rápido de alcanzarlo por las propiedades físicas que posee el hierro propiamente, no obstante así como resulta ser beneficioso también podría ser perjudicial ya que al ser sometido a altas temperaturas por bastante tiempo sin ningún tipo de control la temperatura de nuestra mezcla podría verse excedida y alterar el desempeño de la misma.
    - Al hablar de mezclas dentro del rubro de la construcción, un factor de gran relevancia es importancia para los operadores de las mismas es la trabajabilidad. Dentro del proceso de elaboración de una mezcla asfáltica en caliente este factor de trabajabilidad viene a ser de gran interés para los operadores de la misma ya que al tener la temperatura como una característica de gran relevancia al ser nuestra mezcla más trabajable



permitirá que la labor con la misma sea más eficiente y rápida. Al momento de emplear escoria de hierro en reemplazo de agregado fino dentro de una mezcla asfáltica en caliente se pudo apreciar que la trabajabilidad de la mezcla modificada era superior a la que se presenta en una mezcla asfáltica en caliente normal.

- La presencia de la escoria de hierro dentro de la mezcla asfáltica, de acuerdo a sus características, podría ser determinante en el control de los agrietamientos que esta sufra, ya que la escoria puede mantener o controlar la temperatura que presente la mezcla puesta en obra, siendo aún más beneficiosa en climas fríos, donde los cambios de temperatura son radicales y principales causantes de fallas como lo son los agrietamientos de la carpeta de rodadura. Es así que el empleo de la escoria de hierro para la elaboración de las mezclas asfálticas podría ser beneficiosa en la mejora de la resistencia al agrietamiento de los pavimentos.
- Los valores establecidos en la norma peruana tanto en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC y del Reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú nos dan valores mínimos en cuanto a la estabilidad, siendo este un parámetro que nos permite medir la capacidad que tiene una mezcla para resistir la deformación ante el efecto de las cargas impuestas de tráfico. De tal manera que al aumentar este valor nos indica que mejora la capacidad de la mezcla para resistir las cargas de tráfico que recibe. En cuanto a estabilidad, ambos reglamentos nos indican que el valor mínimo que debe alcanzar una mezcla es de 8.15KN. Valores altos de estabilidad puede implicar mayor rigidez de la mezcla asfáltica pero asimismo su susceptibilidad a diferentes fallas como es el caso de agrietamientos por fatiga. Si bien, de acuerdo a la norma, obtener valores de estabilidad que superen el mínimo, permite obtener mejoras en la resistencia a la deformación que genera el tráfico, sin embargo, presentar valores muy altos implican poder presentar fallas que afecten a la vida útil del pavimento.
- En cuanto a la relación estabilidad/flujo, este es un parámetro que refleja el grado de ductilidad que presenta una mezcla asfáltica permitiendo a partir de este parámetro tener una predicción acerca del comportamiento de una mezcla asfáltica teniendo en cuenta su capacidad para resistir la deformación y el valor máximo de deformación que esta genere bajo cargas de tránsito. De acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC, la relación estabilidad/flujo que permita garantizar una correcta resistencia generada por la deformación del tráfico debe



estar dentro de los valores de 1700 – 4000 Kg/cm. Al estar dicho valor fuera de este rango, implica que el diseño de mezcla asfáltica no alcance la resistencia adecuada y por ende presente fallas. De ser este valor menor a 1700 Kg/cm implica que la mezcla presente una deformación máxima ante una carga mínima que pueda generar el tráfico con llevando de esta manera a ser susceptible a fallas como ahuellamientos. En cambio, al superar este parámetro los 4000 Kg/cm, si bien presenta mejores valores de estabilidad o resistencia a las cargas de tráfico, implica que la mezcla asfáltica presenta mayor rigidez, lo cual genera otro tipo de fallas en la carpeta asfáltica como lo son los agrietamientos.

- El presente trabajo de investigación permitió darle un aporte técnico para los diseños de las mezclas asfálticas en caliente, pues se logró demostrar la mejora que presenta nuestro diseño de mezcla modificado con escoria de hierro comparado con el diseño de mezcla asfáltica patrón. Asimismo, el enfoque que presenta nuestra investigación no solo buscaba mejorar las propiedades físico mecánicas de la mezcla, sino también el de presentar una problemática ambiental presente en nuestra ciudad que es poco vista y cuidada. Mediante el presente trabajo de investigación, le damos una alternativa de valor agregado para una futura disposición de este residuo, pudiendo ser empleado en los diferentes diseños dentro de nuestra ciudad. Pudiendo así ser una iniciativa para el control y cuidado de nuestro medio ambiente, el cual viene siendo de vital importancia en los últimos años, debido a los cambios que sufre nuestro planeta debido a la contaminación. De esta manera la escoria de hierro puede tener un reciclaje adecuado y empleo nuevo dentro de la construcción, sirviendo de base para su manejo tanto dentro de nuestra ciudad, como también en otras ciudades.

## 5.2. Limitaciones del estudio

- Limitaciones Geográficas
  - Departamento: Cusco
  - Provincia: Cusco
  - Distrito: San Jerónimo
  - Lugar: Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de Inversiones Asphalt Cusco E.I.R.L y laboratorio de Asfalto de COPESCO Huacarpay.
- Limitaciones de Insumos y Materiales



- La investigación se limita al uso del diseño de mezclas asfálticas por el método Marshall.
- La investigación está limitada el diseño de mezcla asfáltica densa tipo D4-3515.
- La investigación se limita al empleo de cemento asfáltico tipo PEN 85/100, el cual fue elegido considerando la altitud de nuestra ciudad ya que este es adecuado para altitudes mayores a 2000 msnm. Siendo así, que el cemento asfáltico presenta un grado de desempeño PG 64-28, garantizando un buen desempeño a temperaturas de hasta 64°C y temperaturas bajas de -28°C. Asimismo, sus características intermedias en dureza y durabilidad permite soportar el estrés y tensión de carga de un tráfico pesado en condiciones climáticas similares a los que presenta nuestra ciudad del Cusco.
- La investigación se limita al uso de agregados provenientes de la cantera de Morro Blanco, ubicada en el distrito de San Salvador, Provincia de Calca.
- La investigación se limita al uso de escorias de hierro reciclado, provenientes de los talleres de mecánica y soldadura de la ciudad del Cusco.
- La investigación se limita a la evaluación de las características físicas de la mezcla asfáltica en caliente a través de los parámetros volumétricos de mezclas asfálticas compactadas.
- La investigación se limita a la evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica a través de los ensayos de estabilidad-flujo Marshall y resistencia a la compresión simple.
- Limitaciones de Equipos
  - La investigación se limita al empleo de equipos y herramientas del “Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de Inversiones Asphalt Cusco E.I.R.L.”
  - La investigación se limita al empleo de equipos Marshall y Densidad RICE del “Laboratorio de la Planta de Asfaltos de COPESCO”.
- Limitaciones de Normativa
  - La investigación se basa en el uso de las Normas Peruanas como:
    - Manual de ensayo de materiales MTC E-2016.
    - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.





- Reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú.

### 5.3. Comparación crítica con la literatura existente

- De acuerdo a los estudios realizados por: Novoa Bedoya, A. C. (2020). Estudio del Uso de Escoria como Agregado Grueso en Mezclas Asfálticas Densas para Pavimentos. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. “El porcentaje óptimo de asfalto para una mezcla asfáltica de control MDC-19 modificada con grano de caucho reciclado mediante el ensayo Marshall, obtuvo un resultado óptimo de 7%, a partir del cual se consideró la inclusión de escoria de acero fundamentado en estudios previos de mezclas con escoria”.

El tipo de diseño de mezcla asfáltica en caliente empleado en el presente trabajo de investigación corresponde a un diseño de mezcla asfáltica ASTM D-3515, con cemento asfáltico tipo PEN 85/100 el cual en función a la elevación del área de estudio de la ciudad de Cusco (3400 m.s.n.m.) es el que mejor desempeño posee. Para fines de ejecución del presente trabajo de investigación se desarrolló una mezcla asfáltica con la metodología Marshall patrón cuyo contenido óptimo de asfalto corresponde a 6.23% y de la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino al 26% con contenido óptimo de asfalto de 6.05%, ambos diseños mencionados anteriormente corresponden a los diseños de mezcla asfáltico donde los resultados concernientes a la evaluación de las propiedades físico-mecánicas poseen mejores valores.

- Según López Caiza, D. R. (2017, Agosto). Mejoramiento de la Carpeta Asfáltica a base de Escoria Siderúrgica para Pavimentos Flexibles (Mezcla Asfáltica). Quito: Universidad Politécnica Salesiana - Sede Quito. “Se emplearon dos muestras de mezcla asfáltica modificadas con escorias, de las cuales a partir de los resultados obtenidos y su relación a la Estabilidad - Fluencia adecuada capaz de mantener su forma bajo cargas repetidas, haciendo de este un pavimento flexible idóneo para las carreteras del Ecuador. Dicha muestra presenta un 37.80% de agregado grueso (escoria), 48.87% de agregado intermedio - fino, 5.53% de filler y un 7.8% de cemento asfáltico AC - 20”.



De acuerdo a los valores desarrollados en la presente investigación, la distribución de agregados concernientes para la mezcla asfáltica en caliente patrón con 6.23% de contenido óptimo de asfalto posee la siguiente distribución granular: 40% agregado grueso, 40% agregado fino - arena triturada y 20% agregado fino - arena natural; para la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino al 26% con contenido óptimo de asfalto de 6.05% se tiene la siguiente distribución granular: 40% agregado grueso, 40% agregado fino - arena triturada, 15.70% agregado fino - arena natural y 4.30% escoria de hierro reciclado.

- De acuerdo a: Gómez Avellanada, C. (2019). Estudio Del Comportamiento De Mezclas Asfálticas Con Escoria De Horno De Arco Eléctrico. Universidad Pedagógica Y Tecnológica de Colombia. “De acuerdo a los diferentes ensayos realizados para con los materiales, en este caso el agregado grueso y la escoria, se pudo determinar que la escoria posee mejores resultados en función a sus características que el agregado grueso. Por este motivo podemos decir que en porcentajes óptimos el reemplazo de agregado grueso por escoria podrá mejorar las características de nuestro pavimento”.

De acuerdo a la evaluación granulométrico realizada a la escoria de acero, presenta partículas muy finas y similares a la gradación que presenta la arena natural, asimismo presenta formas irregulares dentro de su estructura particular que le permite adherirse adecuadamente en el cemento asfáltico y a su vez al ser producto con una densidad superior al de un agregado pétreo natural, puede proporcionar dureza similar o superior al que proveen de las partículas de la arena natural. Motivos por los cuales se puede decir que la modificación de la mezcla asfáltica en caliente con escoria de hierro en reemplazo de arena natural, presenta mejoras en las propiedades físico-mecánicas.

- Según Calva Herrera, L. O. (2020). Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en Caliente Incorporando Escoria de Acero. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. “Dentro de los porcentajes incorporados a la mezcla se logró determinar que el 15% de escoria es la mejor combinación. Cumpliendo esta para tránsito liviano y mediano”.

El desarrollo de los diseños de mezcla asfáltica en caliente ejecutados para el presente proyecto de tesis corresponden a diseños de mezcla asfáltica en caliente para tránsitos



pesados, es gracias a este tipo de uso que se le designa el diseño ASTM D-3515 y es modificada con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino al 26% con contenido óptimo de asfalto de 6.05% para obtener resultados donde las propiedades físico-mecánicas poseen un mejor comportamiento en función al diseño de la mezcla asfáltica en caliente tradicional.

- De acuerdo a los estudios realizados por: Camarena Flores, A., & Díaz Garamendi, D. (2021, Noviembre 18). Análisis Comparativo De La Resistencia A La Compresión, Flexión Y Trabajabilidad Del Concreto Tradicional Versus Un Concreto Utilizando Escoria De Acero Como Agregado Fino. Gaceta Técnica, 23(1), 20-34. “El porcentaje óptimo de escoria de acero para un diseño de mezcla de concreto  $f'c=20594$  kPa es del 10% en donde se determinó los siguientes resultados concerniente a las características físico - mecánicas”

Los valores de resistencia a la compresión simple obtenidos para la mezcla asfáltica donde dicha resistencia posee una mejoría absoluta respecto a la mezcla asfáltica patrón corresponde a la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino al 26% con contenido óptimo de asfalto de 6.05% corresponden a 129.79 kg/cm<sup>2</sup>.

- Luis Reyna, J. J., & Silva Terrones, D. A. (2022). Escoria de acero y su influencia en las propiedades físico mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. Universidad Cesar Vallejo; nos indica que: “Las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente incrementaron significativamente siendo en estabilidad 32.35% y en flujo 80.28% con un porcentaje de 30% de escoria de acero, más las propiedades físicas no presentaron variación respecto a la mezcla asfáltica en caliente tradicional”.

Los valores obtenidos a partir de la determinación del diseño con contenido óptimo de asfalto de 6.23% patrón nos indican valores concernientes a: estabilidad 13.78 KN y flujo 12.01 mm. Así mismo, los valores arrojados por el diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con 23% de escoria de hierro con un contenido de asfalto del 5.70% donde las propiedades físico-mecánicas arrojan valores con mejor comportamiento son: estabilidad 15.48 KN y flujo 13.65 mm.



#### 5.4. Implicancias del estudio

Mediante la ejecución de la presente investigación se logró mejorar las propiedades físico - mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escoria de hierro en reemplazo de agregado fino, las cuales fueron elaboradas con agregados pétreos de la cantera Morro Blanco, así como cumplir con los parámetros de la normativa peruana vigente. Por lo tanto, este se puede manifestar como una alternativa efectiva para mejorar el comportamiento de los pavimentos flexibles en la zona de Cusco, ya que como se puede apreciar en diferentes puntos del área de influencia de la tesis se presentan fallas dentro de la estructura de los pavimentos flexibles producto del incremento masivo de la carga de tránsito que circulan a través de ellos.

Así mismo, se pudo apreciar que la escoria de hierro proveniente de los talleres de mecánica y soldadura de la ciudad del Cusco presentan características favorables que mejoran el comportamiento de los pavimentos asfálticos en caliente. Además, cabe destacar que el material en adición a la mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 tradicional mencionado anteriormente puede ser obtenido de manera reciclada, aportando un valor significativo a la disposición final del tipo de residuos de este tipo, ya que debido a las características de las partículas que este posee son dejados de lado y no poseen una disposición final que sea de bajo impacto ambiental.

Debemos tener en cuenta que la presente investigación fue desarrollada con la facultad de poder ser desarrollada y experimentada nuevamente, para servir de base en investigaciones futuras o similares promoviendo la investigación concerniente a pavimentos asfálticos en nuestra región, para así poder continuar con la evolución de los procedimientos de ingeniería para el cierre de las brechas sociales existentes.



## CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN GENERAL

**En relación a la Hipótesis General: “La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino, presenta mejores propiedades físico - mecánicas elaborada con agregados de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023”.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, podemos concluir diciendo que los diseños de mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro en reemplazo de agregado fino elaboradas con cemento asfáltico PEN 85/100 presentan una variación en las propiedades físicas como: los vacíos en la mezcla compactada, vacíos en el agregado mineral, vacíos llenos de asfalto y peso unitario, donde se pudo apreciar una variación en el diseño correspondiente a la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria de hierro en reemplazo de agregado fino respecto a la mezcla asfáltica en caliente patrón con contenido óptimo de asfalto de 6.23%. Así mismo, se pudo obtener los resultados concernientes a las propiedades mecánicas donde se presentó un mejor comportamiento en la relación Estabilidad/Flujo respecto a la mezcla asfáltica en caliente patrón con contenido óptimo de asfalto de 6.23%. Cabe destacar que los resultados obtenidos para las propiedades físico-mecánicas de los diseños mencionados se encuentran dentro de la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

### CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

#### Conclusión N° 01

**En relación a la hipótesis: “La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023, presenta mayor estabilidad y flujo”.**

Los valores de estabilidad y flujo obtenidos en el diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón con contenido óptimo de asfalto de 6.23% elaborada con cemento asfáltico PEN 85/100 presenta los siguientes valores 13.78 KN y 12.01 mm correspondientemente. Así mismo, se pudo apreciar que los valores de estabilidad y flujo en las mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo de agregado fino (al 17%, 20%, y 23%) incrementan los valores respecto al de la mezcla asfáltica en caliente patrón con contenido óptimo de asfalto, siendo el porcentaje con mayor valor de estabilidad y flujo el concerniente



a 23% de escoria con un contenido de asfalto óptimo de 5.7% cuyos valores corresponden a 15.48 KN y 13.65 mm correspondientemente. Siendo así que estos diseños concernientes a las mezclas asfálticas mencionadas anteriormente poseen valores de estabilidad y flujo dentro de los parámetros establecidos en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC, mas no en cuanto a sus valores de relación de estabilidad/flujo.

Sin embargo la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro al 26% con contenido de asfalto óptimo de 6.05% posee valores de estabilidad y flujo de 10.94 KN y 11.98 mm correspondientemente, siendo la única mezcla que posee valores menores al de la mezcla asfáltica patrón de estabilidad, flujo; más no en la relación estabilidad/flujo cuyo valor es el único que se encuentran dentro de los parámetros establecidos en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC y el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú.

#### **Conclusión N° 02**

**En relación a la hipótesis: “La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023, presenta un menor porcentaje de variación volumétrica”.**

De acuerdo a los parámetros volumétricos evaluados en la presente investigación se pudo determinar que el valor de vacíos en la mezcla compactada (VTM) no cumplen con la hipótesis planteada ya que el valor de VTM obtenido para la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro al 26% con contenido de asfalto óptimo de 6.05% corresponde al 4.59% siendo un valor menor al obtenido para la mezcla asfáltica en caliente patrón con un contenido óptimo de asfalto al 6.23% el cual es de 3.82%. Así mismo cabe resaltar que ambos valores obtenidos se encuentran dentro de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC.

De acuerdo a los valores obtenidos para el valor de vacíos en el agregado mineral (VMA) cumplen con la hipótesis planteada ya que el valor de VMA obtenido para la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro al 26% con contenido de asfalto óptimo de 6.05% corresponde al 14.50% siendo un valor menor al obtenido para la mezcla asfáltica en caliente patrón con un contenido óptimo de asfalto al 6.23% el cual es de 16.29%. Así mismo cabe resaltar que ambos valores obtenidos se encuentran dentro de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC y el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú.





De acuerdo a los valores obtenidos para el valor de vacíos llenos de asfalto (VFA) cumplen con la hipótesis planteada ya que el valor de VFA obtenido para la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro al 26% con contenido de asfalto óptimo de 6.05% corresponde al 68.00% siendo un valor menor al obtenido para la mezcla asfáltica en caliente patrón con un contenido óptimo de asfalto al 6.23% el cual es de 77.00%. Así mismo cabe resaltar que la mezcla asfáltica en caliente patrón cumple con las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC y la mezcla asfáltica en caliente modificada con 26% de escoria cumple con el reglamento C.E.010 para Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú.

### **Conclusión N° 03**

**En relación a la hipótesis: “La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro reciclado en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco - Cusco - 2023 presenta mayor peso unitario.”.**

Los valores planteados en las hipótesis concernientes al incremento del peso unitario en las mezclas asfálticas en caliente modificada con escoria de hierro al 26% con contenido de asfalto óptimo de 6.05% es correcta ya que el valor de 2.37 gr/cm<sup>3</sup> es mayor al de la mezcla asfáltica en caliente patrón con un contenido óptimo de asfalto al 6.23% que posee un valor de 2.32 gr/cm<sup>3</sup>.

### **Conclusión N° 04**

**En relación a la hipótesis: “La mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro - Blanco - Cusco - 2023, presenta una mayor resistencia a la compresión”.**

El incremento de la resistencia a la compresión simple planteado en la hipótesis inicialmente, es correcta ya que los valores obtenidos para la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro al 26% con contenido de asfalto óptimo de 6.05% corresponden a 126.79 kg/cm<sup>2</sup> y los obtenidos para la mezcla asfáltica en caliente patrón con un contenido óptimo de asfalto al 6.23% corresponden a 93.34 kg/cm<sup>2</sup>. Pudiendo observar los valores detallados anteriormente podemos afirmar que existen un incremento de la resistencia a la compresión entre una mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino respecto a una mezcla asfáltica en caliente patrón elaboradas con cemento asfáltico PEN 85/100.



### **Conclusión N° 05**

Los resultados del análisis de precios unitarios obtenidos, nos indican que el costo de la mezcla asfáltica en caliente modificada con escoria de hierro al 26% con contenido óptimo de 6.05% presenta un incremento de S/. 86.02 nuevos soles, respecto al costo de la mezcla asfáltica en caliente patrón con un contenido óptimo de 6.23%. Este dato nos permite ver que no sería del todo recomendable económicamente adicionar la escoria de hierro, sin embargo, en busca de obtener resultados que cumplan la normativa peruana y a su vez que contribuyan al manejo ambiental de un residuo que no presenta una correcta disposición final en la actualidad en nuestra ciudad, el empleo de la escoria de hierro podría ser beneficiosa tanto técnicamente como ambientalmente.

## **RECOMENDACIONES**

### **Recomendación N° 01**

A lo largo del proceso de ejecución de la presente tesis se desarrolló para la elaboración de los diseños asfálticos empleados la metodología de diseño Marshall D4-3515, se recomienda que para futuras investigaciones académicas o de cualquier otro tipo de fin se someta a comparación y evaluación los resultados obtenidos en “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco–Cusco-2023” en función a diseños elaborados bajo la metodología de pavimentos asfálticos Superpave.

### **Recomendación N° 02**

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis de pregrado, se recomienda evaluar los valores evaluados obtenidos en cuanto a una mezcla asfáltica en caliente PEN 85/100 modificada con escorias de hierro en reemplazo de agregado fino de la cantera Morro Blanco–Cusco-2023 respecto a una mezcla asfáltica en frío. Así mismo plantear una evaluación económica de ambas metodologías.

### **Recomendación N° 03**

De acuerdo a los resultados obtenidos para las mezclas asfálticas modificadas con escoria de hierro, se recomienda evaluar la aplicación del diseño en áreas de estudio con climas más



calientes, ya que las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 del MTC nos recomiendan emplear, para climas fríos, valores mínimos en cuanto a la relación estabilidad/flujo.

**Recomendación N° 04**

Se recomienda someter a evaluación los especímenes detallados como óptimos en el presente trabajo de tesis de acuerdo al ensayo de Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad (MTC E-522), del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

**Recomendación N° 05**

Se recomienda complementar el estudio de los especímenes con contenido óptimo de escoria de hierro con ensayos de deformación permanente, como la prueba de la Rueda de Hamburgo, que permita determinar su resistencia al ahuellamiento.

**Recomendación N° 06**

Se recomienda, al momento de desarrollar la etapa de elaboración de testigos asfálticos de las mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria de hierro en reemplazo del agregado fino tener un riguroso control de temperatura de preparación de la mezcla, ya que por las características que poseen las partículas de escoria de hierro la temperatura al momento de elaborar las mezclas puede subir rápidamente, lo cual puede ser un factor beneficioso o extremadamente perjudicial, en el comportamiento de la mezcla asfáltica, si no se tiene un control adecuado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Construmática. (S.F.). *Construmática*. Obtenido De Construmática: [https://www.construmatica.com/construpedia/Clasificaci%C3%B3n\\_de\\_las\\_mezclas\\_asf%C3%A1lticas](https://www.construmatica.com/construpedia/Clasificaci%C3%B3n_de_las_mezclas_asf%C3%A1lticas)
- Garnica Anguas, P., Delgado Alamilla, H., Gómez López, J. A., Alonso Romero, S., & Alarcón Orta, H. A. (2004). *Aspectos Del Diseño Volumétrico De Mezclas Asfálticas*. Querétaro: Instituto Mexicano De Transporte.
- Institute, T. A. (1973). *Manual Del Asfalto*. Bilbao: Urmo, S. A. De Ediciones.
- Rodríguez, A. P. (2004). *Análisis De La Resistencia A Las Deformaciones Plásticas De Mezclas Bituminosas Densas De La Normativa Mexicana Mediante El Ensayo De Pista*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Arenas Lozano, H. L. (1999). *Tecnología del Cemento Asfáltico*. Cali, Colombia: Fundación Para Actividades De Investigación Y Desarrollo
- Dirección General De Caminos Y Ferrocarriles. (2016). *Manual De Ensayos De Materiales*. Ministerio De Transportes Y Comunicaciones.
- Hervas Méndez, J.M. (2022). Evaluación de las Propiedades Físico - Mecánicas y Costo de Producción de las Mezclas Asfálticas Modificadas con Polímeros EVA y SBR en la Ciudad del Cusco. Universidad Andina del Cusco
- Luis Reyna, J. J., & Silva Terrones, D. A. (2022). Escoria de acero y su influencia en las propiedades físico mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. Universidad Cesar Vallejo
- Camarena Flores, A., & Díaz Garamendi, D. (2021, Noviembre 18). Análisis Comparativo De La Resistencia A La Compresión, Flexión Y Trabajabilidad Del Concreto Tradicional Versus Un Concreto Utilizando Escoria De Acero Como Agregado Fino. *Gaceta Técnica*, 23(1), 20-34.
- Calva Herrera, L. O. (2020). Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en Caliente Incorporando Escoria de Acero. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Gómez Avellanada, C. (2019). Estudio Del Comportamiento De Mezclas Asfálticas Con Escoria De Horno De Arco Eléctrico. Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia.
- Según López Caiza, D. R. (2017, Agosto). Mejoramiento de la Carpeta Asfáltica a base de Escoria Siderúrgica para Pavimentos Flexibles (Mezcla Asfáltica). Quito: Universidad Politécnica Salesiana - Sede Quito.



- Novoa Bedoya, A. C. (2020). Estudio del Uso de Escoria como Agregado Grueso en Mezclas Asfálticas Densas para Pavimentos. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Acurio, J. R. (2009). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS: Materiales, Diseño y Conservación*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia - ICG.
- Comunicaciones, M. d. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción EG - 2013*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2010). *Norma Técnica de Edificaciones CE.010 Pavimentos Urbanos*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Rodríguez, A. P. (2004). Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista. España.



INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>CÓDIGO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 204							
<b>GR - GR - AP</b>								
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"							
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CÉSAR AUGUSTO							
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L							
<b>FECHA:</b>	03/05/2023							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO		<b>MUESTRA (gr.)</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC		2000					
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>								
<b>Malla</b>		<b>Peso ret (gr)</b>	<b>Peso ret corregido (gr)</b>	<b>% Peso Ret (E.)</b>	<b>% Peso Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Límites</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>A</b>	<b>D-A+(B-C)/3</b>	<b>D/C</b>	<b>F-E1+E2+...</b>	<b>100%-F</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
3/4"	19.050		0.00	0.000%	0%	100.000%	100.0%	100.0%
1/2"	12.700	722.75	723.95	36.198%	36.20%	63.803%	55.0%	75.0%
3/8"	9.525	558.47	559.67	27.984%	64.18%	35.819%	25.0%	40.0%
1/4"	6.350	380.69	381.89	19.095%	83.28%	16.725%	10.0%	20.0%
Nº 4	4.760	89.24	90.44	4.522%	87.80%	12.203%	5.0%	15.0%
Nº 8	2.360	242.85	244.05	12.203%	100.00%	0.000%	0.0%	0.0%
<b>TOTAL</b>		1994.00	2000.00					
<b>T.M.</b>				3/4"				
<b>T.M.N.</b>				1/2"				
<b>GRÁFICO</b>								
<b>CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO</b>								

**Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS**  
 CIP 189553  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>CÓDIGO</b> GR - GR - AP	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO MTC E 204							
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"							
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO							
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L							
<b>FECHA:</b>	03/05/2023							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO		<b>MUESTRA (gr.)</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC		1302.3					
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>								
<b>Malla</b>		<b>Peso ret (gr)</b>	<b>Peso ret corregido (gr)</b>	<b>% Peso Ret (E.)</b>	<b>% Peso Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Limites</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>A</b>	<b>D=A+(B-C)/3</b>	<b>D/C</b>	<b>F=E1+E2+...</b>	<b>100%-F</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.000%	0.000%	100%		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.000%	0.000%	100%	100%	100%
1/4"	6.350	3.00	3.00	0.230%	0.230%	99.770%		
Nº 4	4.760	116.30	116.30	8.930%	9.161%	90.839%	85%	95%
Nº 8	2.360	394.90	394.90	30.323%	39.484%	60.516%	45%	65%
Nº 10	2.000	63.70	63.70	4.891%	44.375%	55.625%		
Nº 16	1.190	151.80	151.80	11.656%	56.032%	43.968%	35%	50%
Nº 30	0.600	130.50	130.50	10.021%	66.052%	33.948%	25%	35%
Nº 40	0.420	61.80	61.80	4.745%	70.798%	29.202%		
Nº 50	0.300	65.40	65.40	5.022%	75.820%	24.180%	20%	25%
Nº 80	0.180	29.40	29.40	2.258%	78.077%	21.923%		
Nº 100	0.149	101.00	101.00	7.756%	85.833%	14.167%	10%	20%
Nº 200	0.074	46.80	46.80	3.594%	89.426%	10.574%	7%	12%
FONDO	-	137.70	137.70	10.574%	100.000%	0%		
<b>TOTAL</b>		1302.30	1302.30					
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.00	1164.60					
<b>GRÁFICO</b>								
<b>CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>								



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>CÓDIGO</b> GR - GR - AP	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO MTC E 204							
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"							
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO							
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.							
<b>FECHA:</b>	03/05/2023							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO		<b>MUESTRA (gr.)</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC		1282.7					
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL</b>								
<b>Malla</b>		<b>Peso ret (gr)</b>	<b>Peso ret corregido (gr)</b>	<b>% Peso Ret (E.)</b>	<b>% Peso Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Limites</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>A</b>	<b>D=A+(B-C)/3</b>	<b>D/C</b>	<b>F=E1+E2+...</b>	<b>100%-F</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
3/8"	9.525	4.70	4.70	0.366%	0.366%	99.634%	100%	100%
1/4"	6.350	1.10	1.10	0.086%	0.452%	99.548%		
Nº 4	4.760	0.70	0.70	0.055%	0.507%	99.493%		
Nº 8	2.360	3.90	3.90	0.304%	0.811%	99.189%	95%	100%
Nº 10	2.000	1.50	1.50	0.117%	0.928%	99.072%		
Nº 16	1.190	20.40	20.40	1.590%	2.518%	97.482%		
Nº 30	0.600	196.00	196.00	15.280%	17.798%	82.202%	63%	90%
Nº 40	0.420	339.50	339.50	26.468%	44.266%	55.734%		
Nº 50	0.300	337.30	337.30	26.296%	70.562%	29.438%	20%	35%
Nº 80	0.180	241.00	241.00	18.788%	89.351%	10.649%		
Nº 100	0.149	35.80	35.80	2.791%	92.142%	7.858%	5%	10%
Nº 200	0.074	48.40	48.40	3.773%	95.915%	4.085%	1%	5%
FONDO	-	52.40	52.40	4.085%	100%	0.00		
<b>TOTAL</b>		1282.70	1282.70					
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.000	1230.30					
<b>GRÁFICO</b>								
<b>CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL</b>								



Ing. EDUAR HEIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>CÓDIGO GR - AB</b>	<b>ABRASION DEL AGREGADO GRUESO MTC E 207</b>			
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"			
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L			
<b>FECHA:</b>	04/05/2023			
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	5002.3		
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>QUE PASA</b>		<b>RETENIDO SOBRE</b>		<b>GRADACION</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>B</b>
1"	25.00	3/4"	19.05	
3/4"	19.05	1/2"	12.70	2500.20
1/2"	12.70	3/8"	9.53	2502.10
3/8"	9.53	1/4"	6.35	
1/4"	6.35	Nº 4	4.76	
<b>TOTAL (A) B1+B2+...</b>				5002.30
<b>PESO RETENIDO EN EL TAMIZ Nº12 (C.)</b>				3925.00
<b>Nº DE ESFERAS</b>				11
<b>Nº DE REVOLUCIONES</b>				500
<b>TIEMPO DE ROTACION</b>				15 min
<b>PESO DEL MATERIAL DESGASTADO (D=A-C)</b>				1077.30
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>				
<b>% DE ABRASION - ENSAYO = (D/A)*100</b>		21.5360934	(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>				
<b>CE.010 PAVIMENTOS URBANOS</b>		35 % max.	(%)	
<b>EG. 2013</b>		35 % max.	(%)	
<b>OBSERVACION</b>				
El material procedente de la cantera Morro Blanco, posee un desgaste a la abrasión de 21.5% no excediendo el límite máximo establecido por la norma CE.010. Lo cual indica que el material es adecuado.				



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUELOS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>					
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>					
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>CÓDIGO</b> GR - PE	<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206</b>					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	<b>GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO</b> <b>ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO</b>					
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L					
<b>FECHA:</b>	05/05/2023					
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>				
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-				
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>						
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Promedio</b>	
A	Peso de la muestra seca en el aire	gr.	2540.00	2625.00		
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	2563.00	2650.00		
C	Peso en el agua de la muestra saturada	gr.	1593.40	1647.20		
Pem (A/(B-C))	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.620	2.618	2.619	
PeSS (B/(B-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.643	2.643	2.643	
Pea(A/(A-C))	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.683	2.685	2.684	
Ab (((B-A)/A)*100)	Absorción	%	0.906	0.952	0.929	
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>						
PESO ESPECIFICO DE LA MASA			<b>2.62</b>		gr/cm <sup>3</sup>	
ABSORCIÓN			<b>0.93</b>		(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS			Según Diseño		(%)	
EG. 2013			1.00 % max.		(%)	
<b>OBSERVACION</b>						
La absorción hallada es de 0.93%, valor que esta por debajo del requerido que es de 1.00%. Por lo que si cumple.						

gravedad espe  
Gravedad esp

gravedad espe

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUELOS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>CÓDIGO</b>	<b>PESO ESPECIFICO Y ABRSORCION DEL AGREGADO FINO MTC E 205</b>		
<b>GR - PE</b>			
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO		
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO		
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA:</b>	05/05/2023		
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-	
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>			
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	296.30
B	Peso del picnómetro con agua	gr	745.20
C	Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración	gr	930.80
D	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	300.00
Pem (A/(B+D-C))	Peso específico de la masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.59
PeSS (D/(B+D-C))	Peso específico saturado superficialmente seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.62
Pea (A/(B+A-C))	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.68
Ab (((D-A)/A)*100)	Absorción	%	1.25
<b>RESULTADO DE DESGASTE</b>			
PESO ESPECIFICO DE LA MASA		2.59	gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCION		1.25	(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>			
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		Según Diseño	(%)
EG. 2013		0.5% max.	(%)
<b>OBSERVACION</b>			
CUMPLE			

Graved:

Graved:

Graved:

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>CODIGO GR - IAA</b>		<b>INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 201</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR ALUGUSTO				
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L				
<b>FECHA:</b>		05/05/2023				
<b>CANTERA:</b>		MORRO BLANCO		<b>MUESTRA (gr.)</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>		PISAC				
INDICE DE ALARGAMIENTO						
TAMIZ.		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS ALARGADAS		PROMEDIO G = F*D
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466	54.02	33.5	2.29	123.43
1/2"	3/8"	948	34.93	29.5	3.11	108.70
3/8"	1/4"	300	11.05	11.6	3.87	42.74
TOTAL (C)		2714	100.00	74.6	Rpt: H1=(G1+G2) / G2	2.75
INDICE DE APLANAMIENTO						
TAMIZ		PESO	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS APLANADAS		PROMEDIO
PASA	QUEDA			PESO	PORCENTAJE POR MALLA	
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1466	54.02	28.3	1.93	104.27
1/2"	3/8"	948	34.93	34.2	3.61	126.01
3/8"	1/4"	300	11.05	14.6	4.87	53.80
TOTAL (C)		2714	100.00	77.1	Rpt: H2=(G1+G2) / G2	2.84
RESULTADOS						
INDICE DE APLANAMIENTO				2.84	5.59	
INDICE DE ALARGAMIENTO				2.75		
REQUERIMIENTO						
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS				10	%	
EG. 2013				10	%	
OBSERVACION						
Las partículas provenientes de la Cantera Morro Blanco, cumplen con los parámetros requeridos según la norma						



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERQS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>CODIGO</b> GR - PF		<b>ENSAYO DE PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS MTC E 210</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.				
<b>FECHA:</b>		06/05/2023				
<b>CANTERA:</b>		MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>		PISAC			-	
<b>CON UNA CARA FRACTURADA</b>						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
3/4"	1/2"	1920	60	3.13	0.36	1.13
1/2"	3/8"	3251	74	2.28	0.28	0.64
3/8"	1/4"	1425	35	2.46	0.05	0.11
TOTAL (C.)		6596			0.69	1.88
<b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURA (F1-C5/C4)</b>						2.7
<b>CON DOS A MAS CARAS FRACTURADAS</b>						
TAMIZ		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO CARAS FRACTURADAS
PASA	QUEDA					
1/2"	3/8"	1920	1838	95.73	0.36	34.64
3/8"	1/4"	3251	3158	97.14	0.28	27.17
1/4"	Nº4	1425	1376	96.56	0.05	4.36
TOTAL (C.)		6596			0.69	66.17
<b>PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURAS (F2-C5/C4)</b>						96.4
<b>RESULTADOS</b>						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA					99.09	
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS					96.36	
<b>REQUERIMIENTO</b>						
PARTICULAS POR LO MENOS CON UNA CARA FRACTURADA (C.010 PAV. URBANOS)					85%	
PARTICULAS POR LO MENOS CON MAS CARAS FRACTURADAS (C.010 PAV. URBANOS)					70%	
<b>OBSERVACION</b>						
SI CUMPLE						



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO GR - DU</b>	<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209</b>						
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO						
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA:</b>	06/05/2023						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC			-			
<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO AL SULFATO DE MAGNESIO</b>							
TAMIZ	PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES EL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)	
				gr E=(A-B)	% F=(E/A)		
	A	B	D=(A/C)			G=D*F	
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	675.4	655	51.49%	20.4	3.02%	1.56%
1/2"	3/8"	334.1	318	25.47%	16.1	4.82%	1.23%
3/8"	N°4	302.2	280	23.04%	22.2	7.35%	1.69%
		1311.7	1253		PERDIDA TOTAL (C-G1+G2+...)		4.48%
<b>RESULTADOS</b>							
PERDIDA TOTAL					4.48%	(%)	
<b>REQUERIMIENTO</b>							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS					15% max.	(%)	
EG. 2013					15% max.	(%)	
<b>OBSERVACION</b>							
SI CUMPLE							

**Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS**  
 CIP 189553  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
CODIGO		ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209						
GR - DU								
NOMBRE DE LA TESIS		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
TESISTAS		GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
LUGAR		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
FECHA		05/05/2023 - 07/05/2023						
CANTERA:		MORRO BLANCO			MUESTRA (gr.)			
UBICACIÓN:		PISAC			-			
ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA - AL SULFATO DE MAGNESIO								
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)	
					gr. E=(A-B)	% F=(E/A)		
		A	B	D=(A/C)			G=D*F	
3/8"	N°4	161	146	100.00%	15	9.32%	0.09	
	N°4	154	151	95.65%	3	1.95%	0.02	
	N°8	154	151	95.65%	3	1.95%	0.02	
	N°16	153	145	95.03%	8	5.23%	0.05	
	N°30	161	157	100.00%	4	2.48%	0.02	
					PERDIDA TOTAL (C-G1+G2+...)		13.04%	
RESULTADOS								
PERDIDA TOTAL						13.04%	(%)	
REQUERIMIENTO								
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS						15% max.	(%)	
EG. 2013						15% max.	(%)	
OBSERVACION								
CUMPLE								

Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO</b> GR - DU	ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209						
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA</b>							
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-					
<b>ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL - AL SULFATO DE MAGNESIO</b>							
TAMIZ		PESO RETENIDO INICIAL	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE RETENIDO	PERDIDA DE PESO		PERDIDA CORREGIDA (%)
		A	B	D=(A/C)	gr E=(A-B)	% F=(E/A)	G=D*F
3/8"	N°4	164	142	102.50%	22	13.41%	0.14
	N°4	169	168	105.63%	1	0.59%	0.01
	N°8	166	166	103.75%	0	0.00%	0.00
	N°16	164	103	102.50%	61	37.20%	0.38
	N°30	160	136	100.00%	24	15.00%	0.15
					PERDIDA TOTAL (C=G1+G2+...)		14.38%
<b>RESULTADOS</b>							
PERDIDA TOTAL						14.38%	(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS						15% max.	(%)
EG. 2013						15% max.	(%)
<b>OBSERVACIÓN</b>							
CUMPLE							

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>CODIGO</b> GR-EQ	ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO MTC E 114						
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"						
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO						
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L						
<b>FECHA</b>	07/05/2023						
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO			<b>MUESTRA (gr.)</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC			-			
<b>EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL / ARENA TRITURADA</b>							
	<b>ARENA NATURAL</b>			<b>ARENA TRITURADA</b>			
<b>NUMERO DE MUESTRAS</b>	1	2	3	1	2	3	
<b>TIEMPO DE REPOSO</b>	08:22	08:24	08:26	02:26	02:27	02:28	
	08:32	08:34	08:36	02:36	02:37	02:38	
<b>TIEMPO DE IRRIGACIÓN</b>	00:02	00:02	00:02	00:02	00:05	00:06	
<b>TIEMPO DE SEDIMENTACION</b>	08:34	08:36	08:38	02:38	02:42	02:44	
	08:54	08:56	08:58	02:58	03:02	03:04	
<b>LECTURA ARCILLA</b>	5.8	5.8	5.9	4.2	4.2	4.4	
<b>LECTURA ARENA</b>	3.7	3.6	3.6	3.3	3.7	3.3	
<b>RESULTADOS PARCIALES</b>	63.79%	62.07%	61.02%	78.57%	88.10%	75.00%	
<b>PROMEDIO</b>	62.3%			80.6%			
<b>RESULTADOS</b>							
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA NATURAL				62.29%	(%)		
EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA				80.56%	(%)		
<b>REQUERIMIENTO</b>							
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS				50% mm	(%)		
EG. 2013				70% mm	(%)		
<b>OBSERVACIÓN</b>							
CUMPLE							

Ing. EDUAR ALAJIN DEL SOLAR SUERQS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>CODIGO GR-AAP</b>	<b>ENSAYO DE ADHERENCIA DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS AGREGADOS GRUESOS ASTM D - 1664</b>		
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS</b>	GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO		
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA</b>	03/12/2018 - 07/12/2018		
<b>CANTERA:</b>	MORRO BLANCO	<b>MUESTRA (gr.)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	PISAC	-	
<b>ADHERENCIA DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS AGREGADOS GRUESOS</b>			
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	DATO
Peso de la muestra inicial antes de realizar el ensayo		gr.	
Cantidad de material bituminoso a incorporar - Cemento Aasfaltico		gr.	
Temperatura de Mezcla		°c	145.00
Tiempo de Mezcla del Agregado con el Cemento Asfaltico		min	3.00
Tiempo de Inmersión en el agua		h.	16.00
<b>RESULTADOS</b>			
ADHERENCIA		99%	(%)
<b>REQUERIMIENTO</b>			
CE.010 PAVIMENTOS URBANOS		+95	(%)
EG. 2013		+95	(%)
<b>OBSERVACIÓN</b>			
LOS AGREGADOS SON TRITURADOS DE BOLONERIAS DE CANTO RODADO PROCEDENTES DEL RÍO VILCANOTA, SE RECOMIENDA TENER UN CONTROL ADECUADO EN LA PRODUCCION DEL MATERIAL TRITURADO			

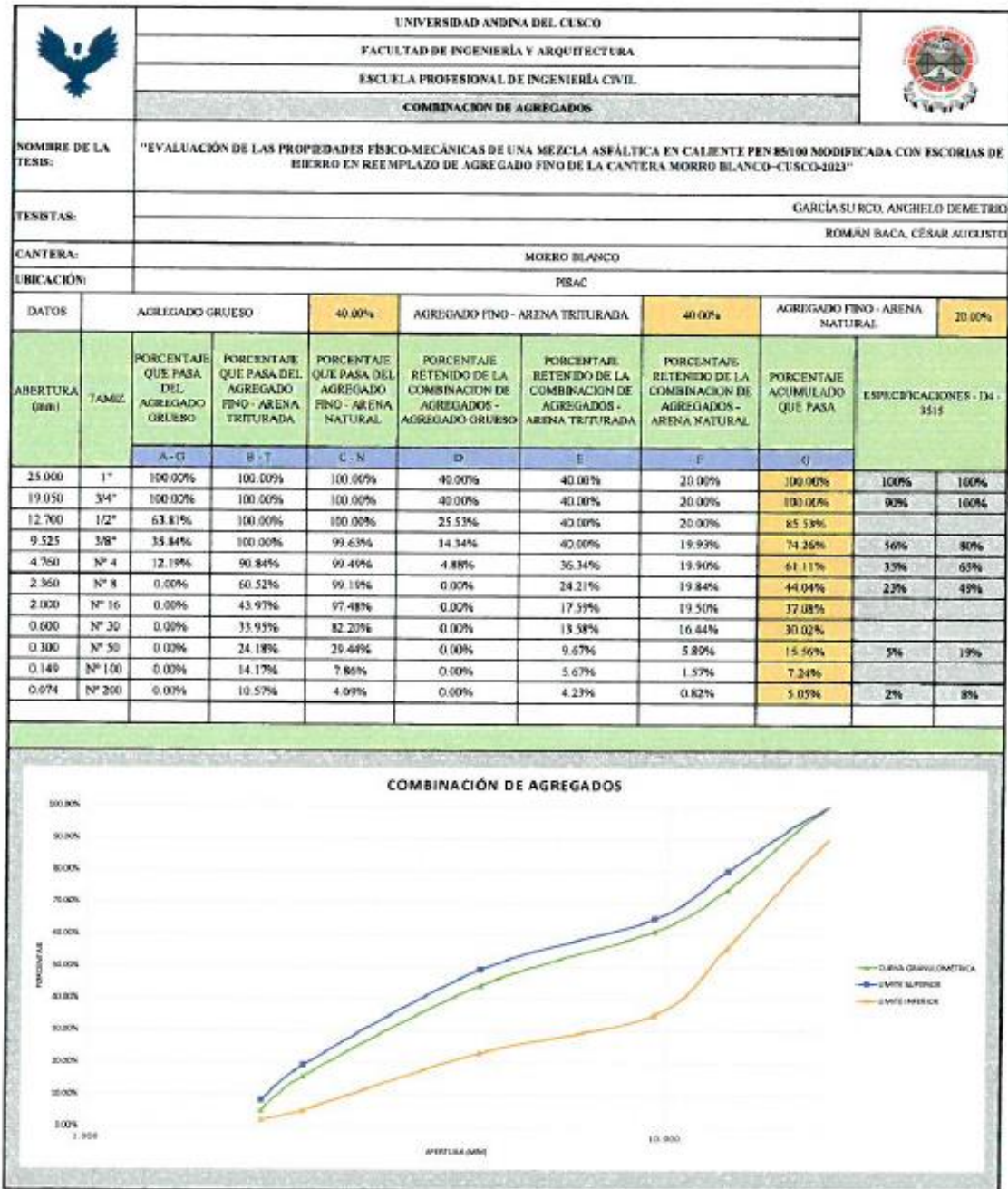
Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>CODIGO</b> GR-GR-EH	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b>					
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
<b>TESISTAS:</b>	GARCIA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO					
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L					
<b>FECHA:</b>	19/05/2023					
<b>UBICACIÓN:</b>	CUSCO		<b>MUESTRA (gr.)</b> 1000			
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b>					
<b>Malla</b>		<b>Peso ret (gr)</b>	<b>Peso ret corregido (gr)</b>	<b>% Peso Ret</b>	<b>% Peso Acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>					
Nº 40	0.420	207.10	207.73	20.7733%	0.21	79.227%
Nº 50	0.300	124.40	125.03	12.5033%	0.33	66.723%
Nº 80	0.180	261.40	262.03	26.2033%	0.59	40.520%
Nº 100	0.149	68.00	68.63	6.8633%	0.66	33.657%
Nº 200	0.074	230.50	231.13	23.1133%	0.89	10.543%
FONDO	-	104.80	105.43	10.5433%		
<b>TOTAL</b>		996.20	1000.00	1.00		
<b>DIFERENCIA DE PESOS MAX. 0.5%</b>		0.38				
<b>GRÁFICO</b>						
<p><b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ESCORIA DE HIERRO</b></p> <p>El gráfico muestra una curva descendente que indica el porcentaje de material que pasa a través de mallas con aberturas cada vez más pequeñas. Los datos clave son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nº 40: 79.227%</li> <li>Nº 50: 66.723%</li> <li>Nº 80: 40.520%</li> <li>Nº 100: 33.657%</li> <li>Nº 200: 10.543%</li> </ul>						

Ing. EDUAR ALAÍN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



  
 Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
 CIP 189553  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA					
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO					
CANTERA:	MORRO BLANCO					
UBICACIÓN:	PISAC					
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%
PESO DE LA MUESTRA			1200	1200	1200	1200
PORCENTAJE DE ASFALTO			5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
% AGREGADO			94.5%	94.0%	93.5%	93.0%
% AGREGADO GRUESO			37.80%	37.60%	37.40%	37.20%
% AGREGADO FINO			56.70%	56.40%	56.10%	55.80%
% COMBINADO			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
PESO DEL AGREGADO			1134.00	1128.00	1122.00	1116.00
PESO DEL ASFALTO			66.00	72.00	78.00	84.00
PESO DEL AGREGADO			1134.00	1128.00	1122.00	1116.00
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)			453.60	451.20	448.80	446.40
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)			453.60	451.20	448.80	446.40
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)			226.80	225.60	224.40	223.20
PESO TOTAL			1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
AGREGADO GRUESO						
TAMIZ	RETENIDO		5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
3/4"	0.00%		0.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	36.19%		164.15	163.28	162.41	161.54
3/8"	27.97%		126.89	126.22	125.55	124.87
1/4"	19.13%		86.79	86.34	85.88	85.42
Nº 4	4.51%		20.47	20.36	20.25	20.14
Nº 8	12.19%		55.30	55.01	54.72	54.43
			453.60	451.20	448.80	446.40
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA						
TAMIZ	RETENIDO		5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
1/4"	0.23%		1.04	1.04	1.03	1.03
Nº 4	8.93%		40.51	40.29	40.08	39.87
Nº 8	30.32%		137.55	136.82	136.09	135.36
Nº 10	4.89%		22.19	22.07	21.95	21.83
Nº 16	11.66%		52.87	52.59	52.31	52.03
Nº 30	10.02%		45.45	45.21	44.97	44.73
Nº 40	4.75%		21.53	21.41	21.30	21.18
Nº 50	5.02%		22.78	22.66	22.54	22.42
Nº 80	2.26%		10.24	10.19	10.13	10.08
Nº 100	7.76%		35.18	34.99	34.81	34.62
Nº 200	3.59%		16.30	16.21	16.13	16.04
FONDO	10.57%		47.96	47.71	47.45	47.20
			453.60	451.20	448.80	446.40
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL						
TAMIZ	RETENIDO		5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
3/8"	0.37%		0.83	0.83	0.82	0.82
1/4"	0.09%		0.19	0.19	0.19	0.19
Nº 4	0.05%		0.12	0.12	0.12	0.12
Nº 8	0.30%		0.69	0.69	0.68	0.68
Nº 10	0.12%		0.27	0.26	0.26	0.26
Nº 16	1.59%		3.61	3.59	3.57	3.55
Nº 30	15.28%		34.66	34.47	34.29	34.11
Nº 40	26.47%		60.03	59.71	59.39	59.08
Nº 50	26.30%		59.64	59.32	59.01	58.69
Nº 80	18.79%		42.61	42.39	42.16	41.94
Nº 100	2.79%		6.33	6.30	6.26	6.23
Nº 200	3.77%		8.56	8.51	8.47	8.42
FONDO	4.09%		9.27	9.22	9.17	9.12
			226.80	225.60	224.40	223.20



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERO<sup>®</sup>  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAV



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
<b>FECHA</b>	27/05/2023								
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.5%				6.0%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1202.10	1202.10	1197.20	1194.80	1195.10	1196.40	1194.70	1194.90
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	680.20	682.40	683.40	673.20	677.90	683.80	679.00	682.00
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	521.90	519.70	513.80	521.60	517.20	512.60	515.70	512.90
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.30	2.31	2.33	2.29	2.31	2.33	2.32	2.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.309</b>				<b>2.323</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.5%				7.0%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1197.20	1196.10	1196.90	1195.90	1190.00	1192.90	1194.50	1193.00
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	680.80	685.40	679.30	674.40	677.40	682.20	686.60	687.40
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	516.40	510.70	517.60	521.50	512.60	510.70	507.90	505.60
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.32	2.34	2.31	2.29	2.32	2.34	2.35	2.36
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.317</b>				<b>2.342</b>			



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERQS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA								
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO								
	ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
<b>Gravedad Especifica Bulk y Aparente de la Combinación de Agregados</b>									
Agregados	Combinacion de Diseño	Combinacion en funcion de los Agregados	Combinacion en funcion del agregado fino	Combinacion en funcion del agregado grueso	Gravedad Especifica Bulk (Gsb)	Gravedad Especifica Aparente (Gsa)	Gravedad Especifica Bulk (Gsb)	Gravedad Especifica Aparente (Gsa)	Gravedad Especifica Efectiva del Agregado (Gse)
A.G.	40.00%	40.00%	-	100%	2.62	2.68	2.60	2.68	2.642
A.F. Arena Triturada	40.00%	60.00%	66.67%	-	2.59	2.68			
A.F. Arena Natural	20.00%		33.33%	-					
$G_{sa} > G_{se} > G_{sb}$							<b>SI CUMPLE</b>		

**Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUERQS**  
 CIP 189553  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DE LA TESIS:		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA			
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO			
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO			
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	Nº	1	2	3	4
Cemento Asfáltico	%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Peso del Material	gr	1220.30	1210.30	1215.00	1228.30
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7429.00	7429.00	7429.00	7429.00
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8649.30	8639.30	8644.00	8657.30
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8149.20	8139.10	8139.60	8143.90
Volumen del Material	cc	500.10	500.20	504.40	513.40
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.44	2.42	2.41	2.39
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	Nº	1	2	3	4
17% Escoria de Hierro					
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1113.00	1101.00	1117.00	1108.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8550.07	8538.07	8554.07	8545.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8095.80	8085.41	8089.00	8081.52
Volumen del Material	cc	454.27	452.66	465.07	463.55
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.45	2.43	2.402	2.39
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	Nº	1	2	3	4
20% Escoria de Hierro					
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1115.00	1100.00	1112.00	1109.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8552.07	8537.07	8549.07	8546.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8095.12	8084.64	8087.00	8083.43
Volumen del Material	cc	456.95	452.43	462.07	462.64
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.44	2.43	2.41	2.397
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	Nº	1	2	3	4
23% Escoria de Hierro					
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1110.00	1098.00	1068.00	1100.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8547.07	8535.07	8505.07	8537.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8093.69	8083.36	8061.00	8077.98
Volumen del Material	cc	453.38	451.71	444.07	459.09
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.45	2.43	2.41	2.40
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE					
Ensayo	Nº	1	2	3	4
26% Escoria de Hierro					
Cemento Asfáltico	%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso del Material	gr	1220.00	1136.00	1138.00	1141.00
Peso del Agua + Frasco RICE	gr	7437.07	7437.07	7437.07	7437.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en aire)	gr	8657.07	8573.07	8575.07	8578.07
Peso del Material + Frasco + Agua (en agua)	gr	8184.23	8129.28	8128.00	8127.04
Volumen del Material	cc	472.84	443.79	447.07	451.03
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.38	2.56	2.55	2.53
Temperatura de Ensayo	°C	25.00	25.00	25.00	25.00

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
<b>LUGAR</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA</b>		27/05/2023		
<b>PORCENTAJE</b>	<b>N°MUESTRA</b>	<b>Volumen de la Muestra</b>		<b>F.C.</b>
5.5%	1	521.90		1
	2	519.70		1
	3	513.80		1
	4	521.60		1
6.0%	1	517.20		1
	2	512.60		1
	3	515.70		1
	4	512.90		1
6.5%	1	516.40		1
	2	510.70		1
	3	517.60		1
	4	521.50		1
7.0%	1	512.60		1
	2	510.70		1
	3	507.90		1
	4	505.60		1

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERO  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	37.8%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	56.7%	56.7%	56.7%	56.7%	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.6014	2.601	2.601	2.601	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1202.10	1202.10	1194.80	1199.67	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	680.20	682.40	673.20	678.60	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	521.90	519.70	521.60	521.07	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.303	2.313	2.291	2.302	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.439	2.439	2.439	2.439	
13	Va - VTM % De Vacios $(100 - (11/12) * 100)$	5.56	5.16	6.08	5.60	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
15	VMA $(100 - ((11 * (100 - 1)) / 7))$	16.33	15.97	16.79	16.36	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$	65.96	67.70	63.80	65.82	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/12)-(1-4))$	2.64	2.64	2.64	2.64	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 4(17-14) / 17 * 14)$	0.62	0.62	0.62	0.62	
19	% De Asfalto Efectivo $1 - ((18 * (2+3)) / 100)$	4.91%	4.91%	4.91%	4.9%	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13) / 15)$	65.96%	67.70%	63.80%	65.82%	
21	Flujo (.01")	11.000	13.000	12.000	12.000	
22	Estabilidad (Kg)	1524.000	1599.000	1576.900	1566.633	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.33	0.30	0.30	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1524.00	1599.00	1576.90	1566.63	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5454.55	4842.52	5173.56	5139.87
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERQS  
CIP 189553  
LABORATORISTA EN RIEBROS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	37.6%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	56.4%	56.4%	56.4%	56.4%	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregado	2.6014	2.601	2.601	2.601	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.90	1196.40	1194.70	1195.33	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	682.00	683.80	679.00	681.60	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	512.90	512.60	515.70	513.73	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.330	2.334	2.317	2.327	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.422	2.422	2.422	2.422	
13	Va - VTM % De Vacios $(100 - (11/12) * 100)$	3.81	3.63	4.35	3.93	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
15	VMA $(100 - ((11 * (100 - 1)) / 7))$	15.82	15.66	16.29	15.92	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15 - 13) / 15$	75.92	76.81	73.31	75.35	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100 / 12) - (1 - 4))$	2.64	2.64	2.64	2.64	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 4) / (17 - 14) * 14$	0.62	0.62	0.62	0.62	
19	% De Asfalto Efectivo $1 - ((18 * (2 + 3)) / 100)$	5.41%	5.41%	5.41%	5.4%	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13) / 15)$	75.92%	76.81%	73.31%	75.35%	
21	Flujo (.01")	12.000	12.000	12.000	12.000	
22	Estabilidad (Kg)	1436.000	1429.000	1472.700	1445.900	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.30	0.30	0.30	0.30	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1436.00	1429.00	1472.70	1445.90	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4711.29	4688.32	4831.69	4743.77
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERO  
CIP 189553  
SPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	37.4%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	56.1%	56.1%	56.1%	56.1%	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.6014	2.601	2.601	2.601	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.20	1196.10	1195.90	1196.40	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	680.80	685.40	674.40	680.20	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	516.40	510.70	521.50	516.20	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.318	2.342	2.293	2.318	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.405	2.405	2.405	2.405	
13	Va - VTM % De Vacios $(100 - (11/12) * 100)$	3.61	2.63	4.66	3.63	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
15	VMA $(100 - ((11 * (100 - 1)) / 7))$	16.67	15.82	17.58	16.69	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$	78.34	83.41	73.50	78.42	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/12)-(1-4))$	2.64	2.64	2.64	2.64	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 4(17-14) / 17 * 14)$	0.62	0.62	0.62	0.62	
19	% De Asfalto Efectivo $1 - ((18 * (2+3)) / 100)$	5.92%	5.92%	5.92%	5.9%	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13) / 15)$	78.34%	83.41%	73.50%	78.42%	
21	Flujo (.01")	13.000	12.000	13.000	12.667	
22	Estabilidad (Kg)	1382.000	1390.000	1401.000	1391.000	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.33	0.30	0.33	0.32	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1382.00	1390.00	1401.00	1391.00	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4185.34	4560.37	4242.88	4323.46
<b>OBSERVACION</b>						



ING. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUAREZ  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAV.





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.2%	37.2%	37.2%	37.2%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	55.8%	55.8%	55.8%	55.8%	
4	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
5	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
6	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
7	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.6014	2.601	2.601	2.601	
8	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1190.00	1192.90	1193.00	1191.97	
9	Peso del especimen en el Agua (gr.)	677.40	682.20	687.40	682.33	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento	512.60	510.70	505.60	509.63	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (8/10)	2.321	2.336	2.360	2.339	
12	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.389	2.389	2.389	2.389	
13	Va - VTM % De Vacios $(100 - (11/12) * 100)$	2.81	2.22	1.22	2.08	
14	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
15	VMA $(100 - ((11 * (100 - 1)) / 7))$	17.01	16.49	15.65	16.38	
16	% De Vacios Llenados con C.A. $100(15-13)/15$	83.45	86.57	92.20	87.40	
17	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/12) - (1 - 4))$	2.64	2.64	2.64	2.64	
18	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 4) / (17 - 14) / 17 * 14$	0.62	0.62	0.62	0.62	
19	% De Asfalto Efectivo $1 - ((18 * (2 + 3)) / 100)$	6.42%	6.42%	6.42%	6.4%	
20	VFA Vacios llenos con asfalto $((15.13) / 15)$	83.45%	86.57%	92.20%	87.40%	
21	Flujo (.01")	17.000	16.000	17.000	16.667	
22	Estabilidad (Kg)	1528.800	1503.000	1508.000	1513.267	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.43	0.41	0.43	0.42	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1528.80	1503.00	1508.00	1513.27	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3540.53	3698.33	3492.36	3574.65
<b>OBSERVACION</b>						



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERO  
CIP 188553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDACIONES





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 17% DE ESCORIA DE HIERRO					
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CÉSAR AUGUSTO					
CANTERA:		MORRO BLANCO					
UBICACIÓN:		PISAC					
DATOS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA		AGREGADO FINO - ARENA NATURAL		20%	
		40%	40%	40%	40%		
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200		
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
% AGREGADO		91.8%	91.3%	90.8%	90.3%		
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%		
% AGREGADO FINO		53.77%	53.49%	53.20%	52.92%		
% ESCORIA HIERRO		3.23%	3.21%	3.20%	3.18%		
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00		
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00		
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80		
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
% ESCORIA HIERRO	17%						
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40		
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		38.76	38.56	38.35	38.15		
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		189.24	188.24	187.25	186.25	0.16	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00		
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41		
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55		
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88		
Nº 4	4.51%	20.57	20.47	20.36	20.25		
Nº 8	12.19%	55.60	55.30	55.01	54.72		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
1/4"	0.23%	1.05	1.04	1.04	1.03		
Nº 4	8.93%	40.72	40.51	40.29	40.08		
Nº 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09		
Nº 10	4.89%	22.30	22.19	22.07	21.95		
Nº 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31		
Nº 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97		
Nº 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30		
Nº 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54		
Nº 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13		
Nº 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81		
Nº 200	3.55%	16.39	16.30	16.21	16.13		
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45		
		456.00	453.60	451.20	448.80		
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL							
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
3/8"	0.37%	0.69	0.69	0.69	0.68		
1/4"	0.09%	0.16	0.16	0.16	0.16		
Nº 4	0.05%	0.10	0.10	0.10	0.10		
Nº 8	0.30%	0.58	0.57	0.57	0.57		
Nº 10	0.12%	0.22	0.22	0.22	0.22		
Nº 16	1.59%	3.01	2.99	2.98	2.96		
Nº 30	15.28%	28.92	28.76	28.61	28.46		
Nº 40	26.47%	50.09	49.82	49.56	49.30		
Nº 50	25.30%	49.76	49.50	49.24	48.98		
Nº 80	18.79%	35.56	35.37	35.18	34.99		
Nº 100	2.79%	5.28	5.25	5.23	5.20		
Nº 200	3.77%	7.14	7.10	7.07	7.03		
FONDO	4.09%	7.73	7.69	7.65	7.61		
		189.24	188.24	187.25	186.25		



Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUCRU  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA								
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTAS</b>	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO								
<b>LUGAR</b>	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
<b>FECHA</b>	27/05/2023								
<b>Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 17%</b>									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1193.80	#####	#####	#####	1197.40	1196.70	1196.10	1198.30
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	681.80	685.80	674.50	678.70	674.70	674.70	680.40	680.80
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	512.00	513.90	519.50	516.20	522.70	522.00	515.70	517.50
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.33	2.33	2.30	2.31	2.29	2.29	2.32	2.32
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.320</b>				<b>2.305</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1197.00	#####	#####	#####	1197.00	1197.20	1194.30	1190.50
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	684.40	684.10	686.80	688.00	687.20	686.70	683.80	683.00
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	512.60	513.40	510.70	509.80	509.80	510.50	510.50	507.50
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.34	2.33	2.34	2.35	2.35	2.35	2.34	2.35
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.341</b>				<b>2.345</b>			



Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERQS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
<b>LUGAR</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA</b>		27/05/2023		
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra		F.C.
5.0%	1	512.00		1
	2	513.90		1
	3	519.50		1
	4	516.20		1
5.5%	1	522.70		0.96
	2	522.00		1
	3	515.70		1
	4	517.50		1
6.0%	1	512.60		1
	2	513.40		1
	3	510.70		1
	4	509.80		1
6.5%	1	509.80		1
	2	510.50		1
	3	510.50		1
	4	507.50		1.04

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERO  
CIP 189583  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.8%	53.8%	53.8%	53.8%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asphaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.80	1199.70	1194.90	1196.13	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	681.80	685.80	678.70	682.10	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	512.00	513.90	516.20	514.03	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.332	2.335	2.315	2.327	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.450	2.450	2.450	2.450	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	4.83	4.72	5.52	5.02	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.85	14.75	15.47	15.02	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16 - 14) / 16$	67.45	68.01	64.30	66.59	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.51	0.51	0.51	0.51	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	4.53%	4.53%	4.53%	4.5%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	67.45%	68.01%	64.30%	66.59%	
21	Flujo (.01")	12.000	12.000	13.000	12.333	
22	Estabilidad (Kg)	1611.500	1765.200	1521.800	1632.833	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.30	0.30	0.33	0.31	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1611.50	1765.20	1521.80	1632.83	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5287.07	5791.34	4608.72	5212.28
<b>OBSERVACION</b>						



EDWAR ALMIR DEL SOLAR S.C.  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	37.8%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.5%	53.5%	53.5%	53.5%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.40	1196.10	1198.30	1197.267	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	674.70	680.40	680.80	678.633	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	522.70	515.70	517.50	518.63	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.291	2.319	2.316	2.309	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.432	2.432	2.432	2.432	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	5.82	4.64	4.80	5.09	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	16.78	15.75	15.88	16.14	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	65.34	70.52	69.79	68.55	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.49	0.49	0.49	0.49	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2+3)) / 100)$	5.05%	5.05%	5.05%	5.0%	
21	VFA Vacios Llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	65.34%	70.52%	69.79%	68.55%	
21	Flujo (.01")	11.000	12.500	13.000	12.167	
22	Estabilidad (Kg)	1069.300	1584.400	1465.100	1372.933	
23	Factor de Estabilidad	0.96	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.32	0.33	0.31	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1026.53	1584.40	1465.10	1358.68	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3674.04	4990.24	4437.01	4367.10
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR S.C.  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUFLOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	37.6%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.2%	53.2%	53.2%	53.2%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfáltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.00	1197.50	1197.80	1197.433	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	684.40	686.80	688.00	686.400	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	512.60	510.70	509.80	511.03	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.335	2.345	2.350	2.343	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.402	2.402	2.402	2.402	
14	Va - VTM % De Vacios (100-(12/13)*100)	2.77	2.37	2.18	2.44	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA (100-((12*(100-1))/8)	15.62	15.27	15.10	15.33	
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(16-14)/16	82.24	84.47	85.60	84.10	
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/13)-(1-5))	2.62	2.62	2.62	2.62	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*5(18-15)/18*15)	0.23	0.23	0.23	0.23	
20	% De Asfalto Efectivo 1-((19*(2+3))/100)	5.79%	5.79%	5.79%	5.8%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto ((16*14)/16)	82.24%	84.47%	85.60%	84.10%	
21	Flujo (.01")	14.000	13.000	16.000	14.333	
22	Estabilidad (Kg)	1350.600	1550.900	2096.100	1665.867	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.36	0.33	0.41	0.36	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1350.60	1550.90	2096.10	1665.87	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3798.09	4696.85	5157.73	4550.89
<b>OBSERVACION</b>						

EDWAR ALCIN DEL SOLAR  
CIP 189553  
INGENIERO ESPECIALISTA EN SUELOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO				
<b>FECHA:</b>		29/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	37.4%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.9%	52.9%	52.9%	52.9%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.00	1194.30	1190.50	1193.933	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	687.20	683.80	683.00	684.667	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	509.80	510.50	507.50	509.27	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.348	2.339	2.346	2.344	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.390	2.390	2.390	2.390	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	1.77	2.13	1.86	1.92	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	15.61	15.91	15.69	15.74	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	88.67	86.65	88.14	87.82	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.62	2.62	2.62	2.62	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.33	0.33	0.33	0.33	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	6.21%	6.21%	6.21%	6.2%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	88.67%	86.65%	88.14%	87.82%	
21	Flujo (.01")	11.000	13.000	16.000	13.333	
22	Estabilidad (Kg)	1270.400	1345.900	1421.000	1345.767	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.04		
24	Flujo (cm)	0.28	0.33	0.41	0.34	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1270.40	1345.90	1477.84	1364.71	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4546.89	4076.01	3636.42	4029.67
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR  
CIP 189553  
S.A. EN SUELOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 20% DE ESCORIA DE HIERRO				
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
TESISTAS:		GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
CANTERA:		MORRO BLANCO				
UBICACIÓN:		PISAC				
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200	
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
% AGREGADO		91.2%	90.7%	90.2%	89.8%	
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%	
% AGREGADO FINO		53.20%	52.92%	52.64%	52.36%	
% ESCORIA DE HIERRO		3.80%	3.78%	3.76%	3.74%	
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL AGREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
% ESCORIA HIERRO	20%					
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		45.60	45.36	45.12	44.88	
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		182.40	181.44	180.48	179.52	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
AGREGADO GRUESO						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41	
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55	
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88	
Nº 4	4.51%	20.57	20.47	20.36	20.25	
Nº 8	12.19%	55.60	55.30	55.01	54.72	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
1/4"	0.23%	1.05	1.04	1.04	1.03	
Nº 4	8.93%	40.72	40.51	40.29	40.08	
Nº 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09	
Nº 10	4.80%	22.30	22.19	22.07	21.95	
Nº 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31	
Nº 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97	
Nº 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30	
Nº 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54	
Nº 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13	
Nº 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81	
Nº 200	3.59%	16.39	16.30	16.21	16.13	
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/8"	0.37%	0.67	0.66	0.66	0.66	
1/4"	0.09%	0.16	0.16	0.15	0.15	
Nº 4	0.05%	0.10	0.10	0.10	0.10	
Nº 8	0.30%	0.55	0.55	0.55	0.55	
Nº 10	0.12%	0.21	0.21	0.21	0.21	
Nº 16	1.59%	2.90	2.89	2.87	2.86	
Nº 30	15.28%	27.87	27.72	27.58	27.43	
Nº 40	26.47%	48.28	48.02	47.77	47.51	
Nº 50	26.30%	47.96	47.71	47.46	47.21	
Nº 80	18.79%	34.27	34.09	33.91	33.73	
Nº 100	2.79%	5.09	5.06	5.04	5.01	
Nº 200	3.77%	6.88	6.85	6.81	6.77	
FONDO	4.09%	7.45	7.41	7.37	7.33	
		182.40	181.44	180.48	179.52	





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA								
NOMBRE DE LA TESIS	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTAS	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
LUGAR	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
FECHA	27/05/2023								
<b>Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 20%</b>									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1191.40	#####	#####	#####	1193.50	1198.00	1196.80	1196.50
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	678.20	679.90	676.60	677.50	689.00	688.50	677.50	682.60
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	513.20	518.60	516.00	516.60	504.50	509.50	519.30	513.90
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.32	2.31	2.31	2.31	2.37	2.35	2.30	2.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.314</b>				<b>2.337</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1196.10	#####	#####	#####	1192.60	1196.70	1194.00	1195.00
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	688.90	686.30	690.00	692.60	692.30	689.00	693.70	690.50
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	507.20	507.80	502.30	502.20	500.30	507.70	500.30	504.50
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.36	2.35	2.37	2.38	2.38	2.36	2.39	2.37
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.366</b>				<b>2.374</b>			

Inge. EDWIN LLANOS DEL SOLAR SUERQS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
<b>LUGAR</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA</b>		27/05/2023		
<b>PORCENTAJE</b>	<b>N° MUESTRA</b>	<b>Volumen de la Muestra</b>		<b>F.C.</b>
5.0%	1	513.20		1
	2	518.60		1
	3	516.00		1
	4	516.60		1
5.5%	1	504.50		1.04
	2	509.50		1
	3	519.30		1
	4	513.90		1
6.0%	1	507.20		1.04
	2	507.80		1.04
	3	502.30		1.04
	4	502.20		1.04
6.5%	1	500.30		1.04
	2	507.70		1.04
	3	500.30		1.04
	4	504.50		1.04

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA					
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"					
TESISTAS:	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO					
	ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO					
FECHA:	30/05/2023					
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
<b>Numero de Briquetas</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	53.2%	53.2%	53.2%	53.2%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfáltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1191.40	1192.60	1194.10	1192.70	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	678.20	676.60	677.50	677.43	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	513.20	516.00	516.60	515.27	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.322	2.311	2.311	2.315	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.440	2.440	2.440	2.440	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	4.86	5.28	5.27	5.14	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	15.22	15.60	15.59	15.47	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	68.08	66.15	66.19	66.80	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.62	2.62	2.62	2.62	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.32	0.32	0.32	0.32	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	4.71%	4.71%	4.71%	4.7%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	68.08%	66.15%	66.19%	66.80%	
21	Flujo (.01")	13.000	12.000	13.000	12.667	
22	Estabilidad (Kg)	1923.500	1222.000	1232.000	1459.167	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.33	0.30	0.33	0.32	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1923.50	1222.00	1232.00	1459.17	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5825.26	4009.19	3731.07	4535.33
<b>OBSERVACION</b>						



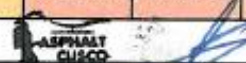
Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERDZ  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	37.8%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.9%	52.9%	52.9%	52.9%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfáltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.50	1196.80	1196.50	1195.600	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	689.00	677.50	682.60	683.033	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	504.50	519.30	513.90	512.57	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.366	2.305	2.328	2.333	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.431	2.431	2.431	2.431	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	2.70	5.21	4.24	4.05	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	14.06	16.28	15.42	15.25	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	80.81	68.00	72.52	73.78	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.48	0.48	0.48	0.48	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	5.07%	5.07%	5.07%	5.1%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	80.81%	68.00%	72.52%	73.78%	
21	Flujo (.01")	11.000	15.000	14.000	13.333	
22	Estabilidad (Kg)	1639.300	1269.000	1376.000	1428.100	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.38	0.36	0.34	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1704.87	1269.00	1376.00	1449.96	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	6101.90	3330.71	3869.52	4281.37

OBSERVACION



Ing. EDUARDO DEL SOLAR SUEROZ  
CIP: 188653  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO				
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	37.6%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.6%	52.6%	52.6%	52.6%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1196.10	1194.10	1192.30	1194.167	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	688.90	686.30	690.00	688.400	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	507.20	507.80	502.30	505.77	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.358	2.352	2.374	2.361	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.407	2.407	2.407	2.407	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	2.01	2.29	1.37	1.89	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.79	15.03	14.23	14.68	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	86.42	84.78	90.40	87.20	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.62	2.62	2.62	2.62	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.32	0.32	0.32	0.32	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	5.71%	5.71%	5.71%	5.7%	
21	VFA Vacios Llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	86.42%	84.78%	90.40%	87.20%	
21	Flujo (.01")	14.000	12.000	12.000	12.667	
22	Estabilidad (Kg)	1425.000	1286.000	1367.200	1359.400	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.36	0.30	0.30	0.32	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1482.00	1337.44	1421.89	1413.78	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4167.60	4387.93	4664.99	4394.25
<b>OBSERVACION</b>						



Ing. EDUAR ALLEN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO				
		ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	37.4%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.4%	52.4%	52.4%	52.4%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfáltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1192.60	1196.70	1195.00	1194.767	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	692.30	689.00	690.50	690.600	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	500.30	507.70	504.50	504.17	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.384	2.357	2.369	2.370	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.397	2.397	2.397	2.397	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	0.56	1.67	1.19	1.14	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.32	15.28	14.86	14.82	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	96.12	89.08	92.03	92.41	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.46	0.46	0.46	0.46	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	6.09%	6.09%	6.09%	6.1%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	96.12%	89.08%	92.03%	92.41%	
21	Flujo (.01")	14.000	13.000	15.000	14.000	
22	Estabilidad (Kg)	1591.000	1129.500	1502.300	1407.600	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.36	0.33	0.38	0.36	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1654.64	1174.68	1562.39	1463.90	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4653.09	3557.48	4100.77	4116.72

OBSERVACION



Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUEROS  
COP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 23% DE ESCORIA DE HIERRO				
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
TESISTAS:		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO				
CANTERA:		MORRO BLANCO				
UBICACIÓN:		PISAC				
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200	
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
% AGREGADO		90.6%	90.2%	89.7%	89.2%	
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%	
% AGREGADO FINO		52.63%	52.35%	52.08%	51.80%	
% ESCORIA DE HIERRO		4.37%	4.35%	4.32%	4.30%	
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL AREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
% ESCORIA HIERRO	23%					
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		52.44	52.16	51.89	51.61	
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		175.56	174.64	173.71	172.79	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
AGREGADO GRUESO						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41	
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55	
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88	
Nº 4	4.51%	20.57	20.47	20.16	20.25	
Nº 8	12.19%	55.60	55.20	55.01	54.72	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
1/4"	0.21%	1.05	1.04	1.04	1.03	
Nº 4	8.91%	40.72	40.51	40.29	40.08	
Nº 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09	
Nº 10	4.89%	22.30	22.19	22.07	21.95	
Nº 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31	
Nº 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97	
Nº 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30	
Nº 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54	
Nº 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13	
Nº 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81	
Nº 200	3.59%	16.39	16.30	16.21	16.13	
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
AGREGADO FINO - ARENA NATURAL						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/8"	0.37%	0.64	0.64	0.64	0.63	
1/4"	0.09%	0.15	0.15	0.15	0.15	
Nº 4	0.05%	0.10	0.10	0.09	0.09	
Nº 8	0.30%	0.53	0.53	0.53	0.53	
Nº 10	0.12%	0.21	0.20	0.20	0.20	
Nº 16	1.59%	2.79	2.78	2.76	2.75	
Nº 30	15.28%	26.83	26.68	26.54	26.40	
Nº 40	26.47%	46.47	46.22	45.98	45.73	
Nº 50	26.30%	46.17	45.92	45.68	45.44	
Nº 80	18.79%	32.90	32.81	32.64	32.46	
Nº 100	2.79%	4.90	4.87	4.85	4.82	
Nº 200	3.77%	6.62	6.59	6.55	6.52	
FONDO	4.09%	7.17	7.13	7.10	7.06	
		175.56	174.64	173.71	172.79	





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA									
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA									
NOMBRE DE LA TESIS	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"									
TESISTAS	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO									
LUGAR	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L									
FECHA	27/05/2023									
<b>Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 23%</b>										
<b>Gravedad Especifica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>										
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%				
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1194.20	1195.00	1196.40	1195.60	1197.60	1197.00	1196.80	1195.70	
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	685.30	686.20	684.00	683.40	687.80	685.80	690.40	684.90	
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	508.90	508.80	512.40	512.20	509.80	511.20	506.40	510.80	
Gravedad Especifica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.35	2.35	2.33	2.33	2.35	2.34	2.36	2.34	
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.341</b>				<b>2.349</b>				
<b>Gravedad Especifica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>										
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%				
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1194.00	1196.10	1194.40	1195.20	1193.70	1195.30	1195.70	1197.40	
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	692.50	696.00	683.70	688.00	682.20	690.30	687.40	684.50	
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	501.50	500.10	510.70	507.20	511.50	505.00	508.30	512.90	
Gravedad Especifica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.38	2.39	2.34	2.36	2.33	2.37	2.35	2.33	
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.367</b>				<b>2.347</b>				

Ing. EDUAR DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
<b>LUGAR</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.		
<b>FECHA</b>		27/05/2023		
<b>PORCENTAJE</b>	<b>N°MUESTRA</b>	<b>Volumen de la Muestra</b>		<b>F.C.</b>
5.0%	1	508.90		1
	2	508.80		1
	3	512.40		1
	4	512.20		1
5.5%	1	509.80		1.04
	2	511.20		1
	3	506.40		1.04
	4	510.80		1
6.0%	1	501.50		1.04
	2	500.10		1.04
	3	510.70		1
	4	507.20		1.04
6.5%	1	511.50		1
	2	505.00		1.04
	3	508.30		1
	4	512.90		1

Ing. EDUAR ALAIN DEL SOLAR SUERO  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.6%	52.6%	52.6%	52.6%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.4%	4.4%	4.4%	4.4%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.20	1195.00	1196.40	1195.20	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	685.30	686.20	684.00	685.17	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	508.90	508.80	512.40	510.03	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.347	2.349	2.335	2.343	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.448	2.448	2.448	2.448	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	4.15	4.07	4.63	4.28	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.30	14.23	14.73	14.42	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16 - 14) / 16$	70.97	71.40	68.56	70.31	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.47	0.47	0.47	0.47	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	4.57%	4.57%	4.57%	4.6%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	70.97%	71.40%	68.56%	70.31%	
21	Flujo (.01")	14.000	14.000	13.000	13.667	
22	Estabilidad (Kg)	1532.600	1136.000	1063.000	1243.867	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.36	0.36	0.33	0.35	
25	Estabilidad Corregida (Kg) $22 * 23$	1532.60	1136.00	1063.00	1243.87	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4309.90	3194.60	3219.26	3583.25
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUARDO ALAIN DEL SOLAR SUERO S  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		30/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	37.8%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.4%	52.4%	52.4%	52.4%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.3%	4.3%	4.3%	4.3%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1197.60	1197.00	1196.80	1197.133	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	687.80	685.80	690.40	688.000	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	509.80	511.20	506.40	509.13	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.349	2.342	2.363	2.351	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.431	2.431	2.431	2.431	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	3.36	3.67	2.77	3.27	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.66	14.94	14.15	14.58	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	77.10	75.43	80.40	77.65	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18-15) / 18 * 15)$	0.46	0.46	0.46	0.46	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2+3)) / 100)$	5.08%	5.08%	5.08%	5.1%	
21	VFA Vacios Llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	77.10%	75.43%	80.40%	77.65%	
21	Flujo (.01")	12.000	12.000	15.000	13.000	
22	Estabilidad (Kg)	1546.600	1262.000	1381.000	1396.533	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.00	1.04		
24	Flujo (cm)	0.30	0.30	0.38	0.33	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1608.46	1262.00	1436.24	1435.57	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	5277.11	4140.42	3769.66	4347.57
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUAR ALIN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	37.6%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.1%	52.1%	52.1%	52.1%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.3%	4.3%	4.3%	4.3%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asphaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.00	1196.10	1194.40	1194.833	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	692.50	696.00	683.70	690.733	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	501.50	500.10	510.70	504.10	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.381	2.392	2.339	2.370	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.405	2.405	2.405	2.405	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	1.00	0.55	2.76	1.44	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2+5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8)$	13.97	13.58	15.49	14.35	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	92.81	95.93	82.21	90.31	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.62	2.62	2.62	2.62	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.29	0.29	0.29	0.29	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	5.74%	5.74%	5.74%	5.7%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	92.81%	95.93%	82.21%	90.31%	
21	Flujo (.01")	14.000	15.000	14.000	14.333	
22	Estabilidad (Kg)	1683.000	1243.000	1812.000	1579.333	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.00		
24	Flujo (cm)	0.36	0.38	0.36	0.36	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1750.32	1292.72	1812.00	1618.35	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4922.16	3392.97	5095.61	4445.19
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	37.4%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.8%	51.8%	51.8%	51.8%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.3%	4.3%	4.3%	4.3%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.70	1195.30	1195.70	1194.900	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	682.20	690.30	687.40	686.633	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	511.50	505.00	508.30	508.27	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.334	2.367	2.352	2.351	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.396	2.396	2.396	2.396	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	2.60	1.22	1.82	1.88	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	16.12	14.93	15.45	15.50	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	83.87	91.86	88.20	87.97	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100 - 1) / ((100/13) - (1 - 5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18 - 15) / 18 * 15)$	0.44	0.44	0.44	0.44	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2 + 3)) / 100)$	6.11%	6.11%	6.11%	6.1%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	83.87%	91.86%	88.20%	87.97%	
21	Flujo (.01")	15.000	13.000	13.000	13.667	
22	Estabilidad (Kg)	939.400	989.000	1110.000	1012.800	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.04	1.00		
24	Flujo (cm)	0.38	0.33	0.33	0.35	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	939.40	1028.56	1110.00	1025.99	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	2465.62	3114.96	3361.60	2955.60
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDIMAR DEL SOLAR SURCO  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 26% DE ESCORIA DE HIERRO				
NOMBRE DE LA TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
TESISTAS:		GARCIA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
CANTERA:		MORRO BLANCO				
UBICACIÓN:		PISAC				
DATOS	AGREGADO GRUESO	40%	AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA	40%	AGREGADO FINO - ARENA NATURAL	20%
PESO DE LA MUESTRA		1200	1200	1200	1200	
PORCENTAJE DE ASFALTO		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
% AGREGADO		90.1%	89.6%	89.1%	88.6%	
% AGREGADO GRUESO		38.00%	37.80%	37.60%	37.40%	
% AGREGADO FINO		52.00%	51.79%	51.51%	51.24%	
% ESCORIA DE HIERRO		4.94%	4.91%	4.89%	4.86%	
% COMBINADO		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL ASFALTO		60.00	66.00	72.00	78.00	
PESO DEL AGREGADO		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	
PESO DEL AGREGADO GRUESO (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA TRITURADA (gr)		456.00	453.60	451.20	448.80	
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
% ESCORIA HIERRO	26%					
PESO DE LA ARENA NATURAL (gr)		228.00	226.80	225.60	224.40	
PESO ESCORIA DE HIERRO (gr)		59.28	58.97	58.60	58.34	
NUEVO PESO DE ARENA NATURAL (gr)		168.72	167.83	166.94	166.06	
PESO TOTAL		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
<b>AGREGADO GRUESO</b>						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/4"	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	
1/2"	36.19%	165.01	164.15	163.28	162.41	
3/8"	27.97%	127.56	126.89	126.22	125.55	
1/4"	19.13%	87.25	86.79	86.34	85.88	
Nº 4	4.51%	20.57	20.47	20.36	20.25	
Nº 8	12.19%	55.60	55.30	55.01	54.72	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
<b>AGREGADO FINO - ARENA TRITURADA</b>						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
1/4"	0.23%	1.05	1.04	1.04	1.03	
Nº 4	8.93%	40.72	40.51	40.29	40.08	
Nº 8	30.32%	138.27	137.55	136.82	136.09	
Nº 10	4.80%	22.30	22.19	22.07	21.95	
Nº 16	11.66%	53.15	52.87	52.59	52.31	
Nº 30	10.02%	45.69	45.45	45.21	44.97	
Nº 40	4.75%	21.64	21.53	21.41	21.30	
Nº 50	5.02%	22.90	22.78	22.66	22.54	
Nº 80	2.26%	10.29	10.24	10.19	10.13	
Nº 100	7.76%	35.37	35.18	34.99	34.81	
Nº 200	3.59%	16.39	16.30	16.21	16.13	
FONDO	10.57%	48.22	47.96	47.71	47.45	
		456.00	453.60	451.20	448.80	
<b>AGREGADO FINO - ARENA NATURAL</b>						
TAMIZ	RETENIDO	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	
3/8"	0.37%	0.62	0.61	0.61	0.61	
1/4"	0.00%	0.14	0.14	0.14	0.14	
Nº 4	0.05%	0.09	0.09	0.09	0.09	
Nº 8	0.30%	0.51	0.51	0.51	0.50	
Nº 10	0.12%	0.20	0.20	0.20	0.19	
Nº 16	1.50%	2.68	2.67	2.66	2.64	
Nº 30	15.28%	25.78	25.65	25.51	25.37	
Nº 40	26.47%	44.66	44.42	44.19	43.95	
Nº 50	26.30%	44.37	44.13	43.90	43.67	
Nº 80	18.79%	31.70	31.53	31.37	31.20	
Nº 100	2.79%	4.71	4.68	4.66	4.63	
Nº 200	3.77%	6.37	6.33	6.30	6.27	
FONDO	4.09%	6.89	6.86	6.82	6.78	
		168.72	167.83	166.94	166.06	





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA								
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA								
NOMBRE DE LA TESIS	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
TESISTAS	GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO								
LUGAR	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L								
FECHA	27/05/2023								
Mezcla Modificada con Escoria de Hierro 26%									
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	5.0%				5.5%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1194.20	1192.30	1195.70	1193.20	1193.90	1194.60	1191.60	1195.90
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	687.90	685.80	687.90	688.30	685.80	685.50	682.40	688.30
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	506.30	506.50	507.80	504.90	508.10	509.10	509.20	507.60
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.36	2.35	2.35	2.36	2.35	2.35	2.34	2.36
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.358</b>				<b>2.348</b>			
<b>Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas, ASTM D1188</b>									
Porcentaje de Asfalto	%	6.0%				6.5%			
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Peso al aire de especimen seco	Wd (A)	1193.60	1191.70	1194.00	1192.00	1192.80	1191.40	1192.70	1193.50
Peso del especimen saturado superficialmente seco sumergido	Wsumergido (B)	690.90	689.50	688.80	689.70	692.10	693.80	697.80	691.50
Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	Volumen(C)	502.70	502.20	505.20	502.30	500.70	497.60	494.90	502.00
Gravedad Específica Bulk de Mezclas Asfálticas Compactadas	Gmb (A/C)	2.37	2.37	2.36	2.37	2.38	2.39	2.41	2.38
<b>PROMEDIO</b>	<b>Gmb</b>	<b>2.371</b>				<b>2.391</b>			

Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUERO  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA ESTABILIDAD</b>				
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"		
<b>TESISTAS</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMÁN BACA, CÉSAR AUGUSTO		
<b>LUGAR</b>		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L		
<b>FECHA</b>		27/05/2023		
PORCENTAJE	N°MUESTRA	Volumen de la Muestra		F.C.
5.0%	1	506.30		1.04
	2	506.50		1.04
	3	507.80		1.04
	4	504.90		1.04
5.5%	1	508.10		1
	2	509.10		1
	3	509.20		1
	4	507.60		1.04
6.0%	1	502.70		1.04
	2	502.20		1.04
	3	505.20		1.04
	4	502.30		1.04
6.5%	1	500.70		1.04
	2	497.60		1.04
	3	494.90		1.09
	4	502.00		1.04

**Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUERQS**  
 CIP 189553  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	52.1%	52.1%	52.1%	52.1%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.9%	4.9%	4.9%	4.9%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asphaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1194.20	1192.30	1195.70	1194.07	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	687.90	685.80	687.90	687.20	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	506.30	506.50	507.80	506.87	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.359	2.354	2.355	2.356	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.447	2.447	2.447	2.447	
14	Va - VTM % De Vacios (100-(12/13)*100)	3.61	3.81	3.78	3.73	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3)/(2/5+3/6)	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA (100-((12*(100-1))/8	13.86	14.04	14.01	13.97	
17	% De Vacios Llenados con C.A. 100(16-14)/16	73.93	72.89	73.04	73.29	
18	Peso Especifico Del Agregado Total (100-1)/((100/13)-(1-5))	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total (100*5(18-15)/18*15)	0.45	0.45	0.45	0.45	
20	% De Asfalto Efectivo 1-((19*(2+3))/100)	4.59%	4.59%	4.59%	4.6%	
21	VFA Vacios Llenos con asfalto ((16*14)/16)	73.93%	72.89%	73.04%	73.29%	
21	Flujo (.01")	15.000	11.000	14.000	13.333	
22	Estabilidad (Kg)	1460.300	1059.400	1361.300	1293.667	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.38	0.28	0.36	0.34	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1518.71	1101.78	1415.75	1345.41	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3986.12	3943.36	3981.30	3972.68
<b>OBSERVACION</b>						



Ing. EDUARDO ALAN DEL SOLAR SUERQS  
CIP: 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.8%	37.8%	37.8%	37.8%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.8%	51.8%	51.8%	51.8%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.9%	4.9%	4.9%	4.9%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.90	1194.60	1191.60	1193.367	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	685.80	685.50	682.40	684.567	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	508.10	509.10	509.20	508.80	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.350	2.346	2.340	2.345	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.429	2.429	2.429	2.429	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	3.27	3.41	3.67	3.45	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.64	14.76	14.99	14.80	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	77.65	76.93	75.54	76.71	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	0.43	0.43	0.43	0.43	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2+3)) / 100)$	5.11%	5.11%	5.11%	5.1%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	77.65%	76.93%	75.54%	76.71%	
21	Flujo (.01")	11.000	11.500	12.000	11.500	
22	Estabilidad (Kg)	985.400	1041.500	860.700	962.533	
23	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
24	Flujo (cm)	0.28	0.29	0.30	0.29	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	985.40	1041.50	860.70	962.53	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3526.84	3565.56	2823.82	3295.22
<b>OBSERVACION</b>						



Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUEROS  
CIP: 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGHELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.6%	37.6%	37.6%	37.6%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.5%	51.5%	51.5%	51.5%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.89%	4.89%	4.89%	4.9%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1193.60	1191.70	1194.00	1193.100	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	690.90	689.50	688.80	689.733	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	502.70	502.20	505.20	503.37	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.374	2.373	2.363	2.370	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.550	2.550	2.550	2.550	
14	Va - VTM % De Vacios $(100-(12/13)*100)$	6.89	6.94	7.32	7.05	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100-((12*(100-1))/8))$	14.20	14.25	14.60	14.35	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	51.51	51.30	49.88	50.90	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.81	2.81	2.81	2.81	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100*5(18-15)/18*15)$	2.93	2.93	2.93	2.93	
20	% De Asfalto Efectivo $1-((19*(2+3))/100)$	3.39%	3.39%	3.39%	3.4%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16*14)/16)$	51.51%	51.30%	49.88%	50.90%	
21	Flujo (.01")	12.000	13.000	12.000	12.333	
22	Estabilidad (Kg)	1208.300	1131.300	1073.700	1137.767	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04		
24	Flujo (cm)	0.30	0.33	0.30	0.31	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1256.63	1176.55	1116.65	1183.28	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	4122.81	3563.15	3663.54	3777.22
<b>OBSERVACION</b>						



Ing. EDUARDO AN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
		DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA				
<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"				
<b>TESISTAS:</b>		GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO				
<b>FECHA:</b>		31/05/2023				
<b>ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559</b>						
Numero de Briquetas		1	2	3	PROMEDIO	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	
2	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla	37.4%	37.4%	37.4%	37.4%	
3	% Agregado Fino en peso de la Mezcla	51.2%	51.2%	51.2%	51.2%	
4	% Escoria de Hierro en peso de la Mezcla	4.86%	4.86%	4.86%	4.9%	
5	Peso Especifico Del Cemento Asfaltico - Aparente	1.050	1.050	1.050	1.050	
6	Peso Especifico Del Agregado Grueso - Bulk	2.619	2.619	2.619	2.619	
7	Peso Especifico Del Agregado Fino - Bulk	2.590	2.590	2.590	2.590	
8	Gravedad Especifica Bulk (Gsb) de la combinacion de agregados	2.601	2.601	2.601	2.601	
9	Peso del especimen en el Aire (gr.)	1192.80	1191.40	1192.70	1192.300	
10	Peso del especimen en el Agua (gr.)	692.10	693.80	697.80	694.567	
11	Volumen de la Briqueta por Desplazamiento	500.70	497.60	494.90	497.73	
12	Peso Especifico Bulk de la Briqueta (9/11)	2.382	2.394	2.410	2.396	
13	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041	2.394	2.394	2.394	2.394	
14	Va - VTM % De Vacios $(100 - (12/13) * 100)$	0.50	0.00	-0.66	-0.05	
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3)/(2/5+3/6)$	2.60	2.60	2.60	2.60	
16	VMA $(100 - ((12 * (100 - 1)) / 8))$	14.38	13.94	13.38	13.90	
17	% De Vacios Llenados con C.A. $100(16-14)/16$	96.52	100.01	104.91	100.48	
18	Peso Especifico Del Agregado Total $(100-1)/((100/13)-(1-5))$	2.63	2.63	2.63	2.63	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(100 * 5(18-15) / 18 * 15)$	0.40	0.40	0.40	0.40	
20	% De Asfalto Efectivo $1 - ((19 * (2+3)) / 100)$	6.14%	6.14%	6.14%	6.1%	
21	VFA Vacios llenos con asfalto $((16 * 14) / 16)$	96.52%	100.01%	104.91%	100.48%	
21	Flujo (.01")	12.000	14.000	13.000	13.000	
22	Estabilidad (Kg)	1079.600	1593.400	1334.600	1335.867	
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.09		
24	Flujo (cm)	0.30	0.36	0.33	0.33	
25	Estabilidad Corregida (Kg) 22*23	1122.78	1657.14	1454.71	1411.54	
Relacion Estabilidad/Flujo (kg/cm)		1700 - 4000 (EG - 2013)	3683.67	4660.11	4405.55	4274.82
<b>OBSERVACION</b>						

Ing. EDUAR ALAN DEL SOLAR SUEROS  
CIP 18953  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE MEZLAS ASFÁLTICAS</b>									
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85/100 MODIFICADA CON ESCORIAS DE HIERRO EN REEMPLAZO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA MORRO BLANCO-CUSCO-2023"								
<b>TESISTA</b>	GARCÍA SURCO, ANGELO DEMETRIO ROMAN BACA, CESAR AUGUSTO								
<b>FECHA:</b>	14/06/2023								
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA PATRÓN</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.5%	9.95	9.96	9.96	5.90	77.835	5523.10	70.96	71.02
2		9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	5527.60	71.09	
3		9.94	9.90	9.92	6.40	77.288	5764.80	74.59	
4	6.0%	10.00	9.90	9.95	6.50	77.756	5758.70	74.06	74.32
5		9.9	10.1	10.00	6.5	78.540	8955.40	114.02	
6	6.5%	9.90	9.90	9.90	6.50	76.977	8948.30	116.25	115.14
7		9.9	10.1	10.00	6.3	78.540	10000.90	127.34	
8	7.0%	10.00	10.00	10.00	6.20	78.540	9997.70	127.29	127.32
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 17% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1.00	5.0%	9.90	9.90	9.90	6.60	76.98	6156.20	79.97	79.74
2.00		9.90	9.90	9.90	6.10	76.98	6120.70	79.51	
3.00		9.90	10.00	9.95	6.50	77.76	7933.30	102.03	
4.00	5.5%	9.90	9.90	9.90	6.40	76.98	7918.50	102.87	102.45
5.00		9.90	9.90	9.90	6.40	76.98	9403.40	122.16	
6.00	6.0%	9.90	10.10	10.00	6.30	78.54	9430.80	120.08	121.12
7.00		9.90	10.00	9.95	6.40	77.76	8454.50	108.73	
8.00	6.5%	9.90	9.90	9.90	6.20	76.98	8502.20	110.45	109.59
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 20% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	9.90	9.90	6.30	76.977	9070.60	117.84	116.71
2		9.95	9.96	9.96	5.90	77.835	8995.80	115.58	
3		10.00	10.00	10.00	6.30	78.540	9984.00	127.12	
4	5.5%	9.94	9.90	9.92	6.40	77.288	9890.70	127.97	127.55
5		9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	10175.50	132.19	
6	6.0%	9.90	10.10	10.00	6.30	78.540	10190.00	129.74	130.97
7		9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	11042.80	143.46	
8	6.5%	9.90	10.10	10.00	6.50	78.540	11035.50	140.51	141.98
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 23% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	8215.10	106.72	106.29
2		9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	8231.90	105.87	
3		9.90	9.90	9.90	6.40	76.977	10927.40	141.96	
4	5.5%	9.90	9.90	9.90	6.40	76.977	11003.20	142.94	142.45
5		9.90	10.10	10.00	6.30	78.540	10288.70	131.00	
6	6.0%	9.90	10.00	9.95	6.50	77.756	10315.30	132.66	131.83
7		9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	10786.20	140.12	
8	6.5%	9.90	9.90	9.90	6.60	76.977	10161.30	132.00	136.06
<b>ROTURA DE BRIQUETAS MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 26% DE ESCORIA DE HIERRO</b>									
BRIQUETA	% Asfalto	Dimensiones				Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) Promedio
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Prom (cm)	H (cm)				
1	5.0%	9.90	10.00	9.95	6.40	77.756	9817.90	126.52	126.45
2		9.90	9.90	9.90	6.30	76.977	9728.80	126.39	
3		10.00	9.90	9.95	6.50	77.756	9233.00	118.74	
4	5.5%	9.90	9.90	9.90	6.20	76.977	9191.60	119.41	119.07
5		9.90	9.90	9.90	6.50	76.977	10232.70	132.93	
6	6.0%	9.90	9.90	9.90	6.10	76.977	10261.30	133.30	133.12
7		10.00	10.00	10.00	6.20	78.540	9959.10	126.80	
8	6.5%	10.00	10.00	10.00	6.30	78.540	9984.80	127.13	126.97

**Ing. EDUARDO DEL SOLAR SUERQS**  
CIP 189553  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SMTF - 007 - 2023

Página 1 de 3

<b>Expediente</b>	23-0088	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>1. Solicitante</b>	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	
<b>2. Dirección</b>	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
<b>3. Instrumento de medición</b>	MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES	
<b>Fabricante</b>	PYS EQUIPOS	
<b>Número de Serie</b>	130113	
<b>Modelo</b>	STMH-3	
<b>Alcance de Indicación</b>	0 a 9999 Vueltas	
<b>Div. de escala / Resolución</b>	1 Vuelta	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	PERÚ	
<b>Tipo de indicación</b>	DIGITAL	
<b>4. Fecha de Calibración</b>	2023-06-06	
<b>5. Fecha de Emisión</b>	2023-06-27	
<b>6. Lugar de calibración</b>	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	

Sello

Jefe de Laboratorio



✉ [ventas@servimetro@gmail.com](mailto:ventas@servimetro@gmail.com)  
[eservimetro@gmail.com](mailto:eservimetro@gmail.com)  
[cservimetro@gmail.com](mailto:cservimetro@gmail.com)

☎ 938102709  
938327400

📍 Cal. 27 Mza. A-34 Lote. 29 Urb.  
Cultura Peruana Moderna  
Lima - Lima - Santa Anita





SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**SMM - 092 - 2023**

Página 1 de 4

<b>Expediente</b>	<b>23-0088</b>	
<b>1. Solicitante</b>	<b>INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.</b>	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>2. Dirección</b>	<b>Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO</b>	
<b>3. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>600 g</b>	
<b>División de escala</b>	<b>0,01 g</b>	
<b>División de verificación</b>	<b>0,01 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>II</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>B135228233</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>SE602F</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO</b>	
<b>4. Fecha de Calibración</b>	<b>2023-06-06</b>	
<b>5. Fecha de Emisión</b>	<b>2023-06-27</b>	

Sello

Jefe de Laboratorio



✉ [ventaservimetrol@gmail.com](mailto:ventaservimetrol@gmail.com)  
[oservimetrol@gmail.com](mailto:oservimetrol@gmail.com)  
[cservimetrol@gmail.com](mailto:cservimetrol@gmail.com)

☎ 930102709  
930327400

📍 Cal. 57 Mza. A 34 Lote. 29 Urb.  
Cultura Peruana Moderna  
Lima- Lima- Santa Anita



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SMM - 091 - 2023

		Página 1 de 4
Expediente	23-0088	
1. Solicitante	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Dirección	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
3. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	6000 g	
División de escala	0,1 g	
División de verificación	0,1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	B832476187	
Número de Serie	SE6001F	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	U.S.A.	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
4. Fecha de Calibración	2023-06-06	
5. Fecha de Emisión	2023-06-27	

Sello

Jefe de Laboratorio



ventaservimetrol@gmail.com  
aservimetrol@gmail.com  
cservimetrol@gmail.com

930102709  
930327400

Cal. 57 Mza. A 34 Lote. 28 Urb.  
Cultura Peruana Moderna  
Lima - Lima - Santa Anita



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SMM - 090 - 2023

Página 1 de 4

<b>Expediente</b>	23-0088	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>1. Solicitante</b>	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	
<b>2. Dirección</b>	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
<b>3. Equipo de medición</b>	BALANZA ELECTRÓNICA	
<b>Capacidad Máxima</b>	30 000 g	
<b>División de escala</b>	1 g	
<b>División de verificación</b>	10 g	
<b>Clase de exactitud</b>	III	
<b>Marca</b>	OHAUS	
<b>Modelo</b>	R21PE30ZH	
<b>Número de Serie</b>	B847537455	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	CHINA	
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
<b>4. Fecha de Calibración</b>	2023-06-06	
<b>5. Fecha de Emisión</b>	2023-06-27	

Sello

Jefe de Laboratorio



✉ ventasservimetro@gmail.com  
eservimetro@gmail.com  
rservimetro@gmail.com

☎ 938102700  
938327400

📍 Col.37 Mza. A-34 Lote. 29 Urb.  
Cultura Peruvia Moderna  
Lima - Lima - Santa Anita



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SMM - 089 - 2023

		Página 1 de 4
Expediente	23-0088	
1. Solicitante	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Dirección	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
3. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30 000 g	
División de escala	1 g	
División de verificación	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P30	
Número de Serie	8337240269	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
4. Fecha de Calibración	2023-06-06	
5. Fecha de Emisión	2023-06-27	

Sello

Jefe de Laboratorio



ventas@servimetro@gmail.com  
eservimetro@gmail.com  
aservimetro@gmail.com

934102700  
833527600

Col 37 Mza. A-34 Lote 29 Urb.  
Cultura Perú Jena Moderna  
Elma - Elma - Santa Anita



SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**SMF - 043 - 2023**

Página 1 de 3

<b>Expediente</b>	23-0088	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>1. Solicitante</b>	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	
<b>2. Dirección</b>	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
<b>3. Equipo</b>	PRENSA DE CONCRETO	
<b>Capacidad</b>	112168 kgf	
<b>Marca</b>	FORNEY	
<b>Modelo</b>	F-1100KN-VFD-220	
<b>Número de Serie</b>	20019	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	U.S.A.	
<b>Indicación</b>	DIGITAL	
<b>Marca</b>	FORNEY	
<b>Modelo</b>	NO INDICA	
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Resolución</b>	0,1 kgf	
<b>4. Fecha de Calibración</b>	2023-06-06	
<b>5. Fecha de Emisión</b>	2023-06-21	

Sello

Jefe de Laboratorio



✉ [ventas@servimetro@gmail.com](mailto:ventas@servimetro@gmail.com)  
[sservimetro@gmail.com](mailto:sservimetro@gmail.com)  
[cservimetro@gmail.com](mailto:cservimetro@gmail.com)

☎ 948102709  
938327400

📍 Cal 37 Mza. A-34 Lote. 29 Urb. Cultura Peruana Moderna Lima- Lima- Santa Anita