

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON  
INCORPORACIÓN DE RELLENO MINERAL PARA  
UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO  
2018.**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. AMES MEJIA, HIVO FREDIE**

**Línea de Investigación Institucional: Transporte y Urbanismo.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2021**

**ASESOR**

**ING. CORDOVA ZORRILLA, NATALY LUCIA**

### **Dedicatoria y Agradecimiento**

A Dios, a mis padres y mis hijos por el amor incondicional, por el apoyo perenne en el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, por estar ahí cuando más la necesito.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Casio Aurelio Torres López  
Presidente

---

Jurado Revisor

---

Jurado Revisor

---

Jurado Revisor

---

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales  
Secretario Docente

## ÍNDICE

<b>Dedicatoria y Agradecimiento .....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de Ilustraciones.....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de fotografías .....</b>	<b>x</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xii</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>15</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
1.1. Planteamiento del Problema .....	15
1.2. Formulación del problema .....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.2.3. Justificación social o práctica .....	17
1.3. Justificación .....	17
1.3.1. Justificación científica o teórica.....	17
1.3.2. Justificación metodológica.....	17
1.4. Delimitaciones .....	17
1.4.1. Delimitación Espacial .....	17
1.4.2. Delimitación Temporal .....	18
1.4.3. Delimitación Económica.....	18
1.5. Limitaciones .....	18
1.5.1. Limitación espacial .....	18
1.5.2. Limitación temporal.....	19
1.5.3. Limitación económica.....	19
1.6. Objetivos.....	19
1.6.1. Objetivo general .....	19
1.6.2. Objetivos específicos .....	19
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes Nacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	24
2.2. Marco Conceptual.....	26
2.2.1. Reseña histórica de las mezclas bituminosas .....	26
2.2.2. Características y clasificación de las mezclas.....	27
2.2.3. Materiales empleados en mezclas asfálticas en frío.....	30
2.2.3.1. Áridos .....	31
2.2.3.2. Betún.....	32
2.2.3.3. Polvo mineral.....	32
2.2.3.4. Emulsiones bituminosas .....	33
2.2.4. Tecnologías de las mezclas .....	35
2.2.4.1. Materiales asfálticos .....	35
2.2.4.2. Asfaltos líquidos .....	36
2.2.5. Ensayos normales sobre productos bituminosos para pavimentación .....	37
2.2.5.1. Penetración .....	37

2.2.5.2. Viscosidad .....	38
2.2.5.3. Punto de ablandamiento.....	39
2.2.5.4. Ductilidad .....	40
2.2.5.5. Punto de inflamación .....	40
2.2.5.6. Película delgada .....	41
2.2.5.7. Solubilidad.....	41
2.2.5.8. Contenido de agua .....	42
2.2.6. Método Marshall Modificado – Método Illinois.....	42
2.2.7. Ensayo Cántabro y Hubbard-Field.....	43
2.2.8. Selección y control de calidad de materiales .....	44
2.2.9. Contenido de ligante asfáltico tentativo.....	46
2.3. Definición de términos .....	47
2.4. Hipótesis .....	52
2.4.1. Hipótesis general.....	52
2.4.2. Hipótesis específicas .....	53
2.5. Variables .....	53
2.5.1. Definición conceptual de las Variables.....	53
2.5.2. Definición Operacional de la Variable.....	53
2.5.3. Definición Operacional de la Variable.....	54
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>57</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>57</b>
3.1. Método de investigación.....	57
3.2. Tipo de investigación.....	58
3.3. Nivel de la investigación .....	58
3.4. Diseño de la investigación .....	58
3.5. Población y muestra.....	58
3.5.1. Población.....	58
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	59
3.6.1. La técnica de Recolección de Datos .....	59
3.6.2. Instrumentos recolección de datos .....	59
3.7. Procesamiento de la información.....	60
3.7.1. Fase de planteamiento y organización (pre campo).....	60
3.7.2. Fase de trabajo de campo o recolección de datos .....	60
3.7.3. Fase de gabinete .....	61
3.7.4. Informe de investigación.....	61
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	61
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>62</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
4.1. Caracterización de las Emulsiones Asfálticas de Rotura Lenta.....	62
4.2. Caracterización de los Agregados .....	62
4.3. Ensayos Técnicos para el agregado Grueso.....	62
4.3.1. (MTC E 203 - 2000 / ASTM C 29) Ensayo análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	63
4.3.2. (MTC E 210- 2000 / ASTM O 5821) Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados .....	63
4.3.3. (MTC E 203 - 2000 / ASTM C 29) Ensayo peso unitario y porcentaje de vacíos de agregados gruesos .....	64
4.3.4. (MTC E 207- 2000 / ASTM C131) Ensayo de abrasión de los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2").....	65

4.3.5. Ensayo de gravedad específica y absorción de agregados gruesos (MTC.....	65
4.4. Resultados obtenidos a los ensayos técnicos realizados a los agregados pétreos finos	
67	
4.4.1. (MTC E 205 - 2000 / ASTM C 128). Ensayo gravedad específica y absorción de agregados finos .....	67
4.4.2. (MTC E 202-2000 / ASTM C 127) Ensayo del material fino pasante del tamiz N°200 .....	68
4.4.3. (MTC E 110, MTC E 111 - 2000 / ASTM D 4318) Ensayo determinación del Límite Líquido y Límite Plástico .....	69
4.4.4. (MTC E 203-2000 / ASTM C29) Ensayo de peso unitario y vacío del agregado fino .....	69
4.4.5. (MTC E114 - 2000 / ASTM D 2419) Ensayo de Equivalente de arena, suelos y agregados finos. ....	69
4.5. Combinación de Agregados Pétreos.....	72
4.5.1. (MTC E 204 - 2000 / ASTM D3415) Ensayo Análisis Granulométrico. ....	72
4.6. Resultados obtenidos a la emulsión de rotura lenta CSS-1H. ....	74
4.6.1. (MTC E 401 - 2000) Ensayo destilación de emulsiones asfálticas.....	74
4.6.2. (MTC E 302- 2000) Ensayo solubilidad de materiales asfálticos.....	75
4.6.3. (MTC E 306 - 2000) Ensayo ductilidad del material bituminoso.....	75
4.6.4. (MTC E 403 - 2000) Ensayo de viscosidad Saybolt de emulsiones asfálticas ...	76
4.6.5. (MTC E 409 - 2000) Ensayo de cubrimiento y resistencia al desplazamiento por el agua de las emulsiones asfálticas .....	76
4.7. Caracterización de Relleno Mineral (Cemento Portland Tipo I).....	78
4.7.1. Ensayo de análisis Granulométrico del Relleno Mineral (MTC E 216 - 2000)..	78
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>88</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>88</b>
5.1. Contratación de Prueba de Hipótesis. ....	88
5.1.1. Prueba de Hipótesis - General.....	88
5.1.2. Prueba de Hipótesis - Específicas. ....	91
5.2. Interpretación De Hipótesis General .....	96
5.3. Discusión De Resultados .....	99
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>106</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Ensayos realizados a las emulsiones.....	44
Tabla 2. Rango de valores aptos para las emulsiones.....	45
Tabla 3.-Cuadro de operacionalización de Variable Independiente .....	55
Tabla 4.- Cuadro de operacionalización de Variable Independiente .....	56
Tabla 5.- Requerimientos establecidos por el manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas).....	66
Tabla 6.- Resultados obtenidos a los agregados petreo Gruesos .....	67
Tabla 7.- Requerimientos establecidos por el manual de Carreteras agregado fino (especificaciones Tecnicas) .....	71
Tabla 8.- Resultados obtenidos a los agregados petreo Fino .....	72
Tabla 9.- Gradaciones Para Mezclas Densas En Frio .....	73
Tabla 10.- Combinacion de Agregados ASTM – D3415 .....	73
Tabla 11.- Ensayos y resultados de las especificaciones técnicas de la Emulsión .....	77
Tabla 12.- Ensayos y condiciones de las especificaciones técnicas de la Emulsión .....	77
Tabla 13.- Ensayos al residuo asfaltico de la emulsión .....	78
Tabla 14.- Ensayos y condición del residuo asfaltico de la emulsión .....	78
Tabla 15.- Granulometría al relleno mineral .....	79
Tabla 16.- Peso Especifico del cemento Portland.....	79
Tabla 17.- Calculo del porcentaje de residuo asfaltico. Tipo CSS -1H (Método Marshall Modificado). .....	80
Tabla 18.- Mezcla Asfáltica En Frio Con Emulsión CSS – 1H.....	81
Tabla 19.- Ensayo Visual De Recubrimiento De Particulas .....	82
Tabla 20.- Control De Residuo Asfáltico Para 75 Golpes Emulsion Tipo CSS-1H.....	83
Tabla 21.- Control De Relleno Mineral Incorporado A La Emulsion Tipo CSS-1H.....	86
Tabla 22.- Emulsión del tipo CSS-1H ante deformaciones permanentes.....	88
Tabla 23.- Emulsión del tipo CSS-1H ante deformaciones permanentes.....	90
Tabla 24.- Interviene el relleno mineral (Cemento Tipo I) en relación a la estabilidad seca.....	91
Tabla 25.- Porcentaje de relleno mineral en relación a la al comportamiento de la mezcla asfáltica en frio .....	93
Tabla 26.- Relleno mineral vs el flujo del diseño de mezcla.....	95
Tabla 27.- Prueba De Hipotesis General .....	97
Tabla 28.- Prueba De Hipotesis Especifica A.....	97
Tabla 29.- Prueba De Hipótesis Especifica B.....	98
Tabla 30.- Prueba De Hipótesis Especifica C.....	99

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.- Curva Granulometrica Combinada.....	74
Ilustración 2.- Estabilidad seca vs Asfalto Residual.....	84
Ilustración 3.- Estabilidad Seca vs Relleno Mineral.....	87
Ilustración 4.- Línea de tendencia del Flujo para la emulsión CSS-1H.....	89
Ilustración 5.- Estabilidad seca vs Relleno Mineral .....	92
Ilustración 6.- Estabilidad Humeda vs Asfalto residual .....	94
Ilustración 7.- Flujo vs Relleno Mineral .....	96

## Índice de fotografías

Fotografía 1.- Ensayo análisis Granulométrico del agregado Grueso .....	63
Fotografía 2.- Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados .....	64
Fotografía 3.- Ensayo peso unitario y porcentaje de vacíos de agregados gruesos .....	64
Fotografía 4.- Ensayo de abrasión de los Ángeles .....	65
Fotografía 5.- Ensayo gravedad específica y absorción de agregados finos .....	68
Fotografía 6.- Ensayo del material fino pasante del tamiz N°200 .....	68
Fotografía 7.- Ensayo de peso unitario y vacío del agregado fino .....	69
Fotografía 8.- Ensayo destilación de emulsiones asfálticas.....	74
Fotografía 9.- Ensayo solubilidad de materiales asfálticos.....	75
Fotografía 10.- Ensayo ductilidad del material bituminoso.....	75
Fotografía 11.- Ensayo de cubrimiento y resistencia al desplazamiento .....	76
Fotografía 12.- Ensayo de análisis Granulometrico del Relleno Mineral.....	79
Fotografía 13.- Ensayo Visual de recubrimiento .....	82
Fotografía 14.- Marshall Modificado – Método Illinois (MDF-3) .....	83
Fotografía 15.- Diseño en la mezcla asfáltica en frio con emulsión tipo CSS-1H con incorporación de relleno mineral .....	85
Fotografía 16.- Ensayo Cántabro a diseño de mezcla asfáltica con relleno mineral .....	86
Fotografía 17.- Briquetas desarrolladas en analisis de la investigacion .....	87

## **Resumen**

En la presente investigación el problema general fue: ¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral en la resistencia mecánica, al incorporarse a una mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018 ?; el objetivo principal es: Determinar la influencia del relleno mineral en la Resistencia Mecánica, al incorporarse a una mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018; la hipótesis general fue: La incorporación de relleno mineral incrementa la resistencia mecánica.

El método de investigación fue el científico, el tipo fue aplicado, el nivel descriptivo - explicativo, y el diseño de investigación fue experimental. La población estuvo conformada por las 88 muestras trabajadas en laboratorio.

La conclusión principal es que la incorporación de relleno mineral en 0.8% tiene una estabilidad seca que aumenta en 14.98% (10.82 KN) del valor obtenido en el diseño de la mezcla de asfalto frío sin relleno mineral (9.41 KN) incrementado la resistencia mecánica.

**Palabras clave:** Emulsión, relleno mineral, mezcla asfáltica.

## **Abstract**

In the present investigation the general problem was: How does the incorporation of mineral filler influence the mechanical resistance, when incorporated into a cold asphalt mix, Huancayo 2018? The main objective is: To determine the influence of the mineral filler on the mechanical resistance, when incorporated into a cold asphalt mix, Huancayo 2018; The general hypothesis was: The incorporation of mineral filler increases the mechanical resistance.

The research method was the scientist, the type was applied, the descriptive-explanatory level, and the research design was experimental. The population consisted of 88 samples worked in the laboratory.

The main conclusion is that the incorporation of mineral filler in 0.8% has a dry stability that increases in 14.98% (10.82 KN) of the value obtained in the design of the cold asphalt mixture without mineral filler (9.41 KN) increased the mechanical resistance.

**Keywords:** Emulsion, mineral filler, asphalt mixture.

## **Introducción**

La presente investigación relaciona la incorporación de relleno mineral en la mezcla asfáltica en frío a fin de lograr una alta resistencia mecánica de ésta. Está desarrollada con la finalidad de aportar en las construcciones de pavimentos flexibles en frío empleando la emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1H, es así que se elabora con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, según las normas vigentes emanadas por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana los Andes.

Las emulsiones asfálticas fueron inicialmente desarrolladas para solucionar problemas constructivos asociados a la construcción con asfalto en caliente y en frío, también fueron ideadas como aplicaciones para eliminar la emisión de polvo. El incentivo para disminuir el consumo de combustibles en la crisis energética de los años 70, hizo que se generara un explosivo aumento en el uso de las emulsiones en la estabilización de agregado mineral, incluyendo el mezclado con material húmedo a temperaturas ambientales.

Asimismo, se tiene en cuenta que la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta incorporando el relleno mineral (cemento) aumenta la durabilidad de un pavimento de mezcla asfáltica en frío y es por ello que se plantea el diseño de mezclas asfálticas flexibles en frío, demostrando que se relaciona con la conservación, durabilidad, calidad, textura a la superficie de rodadura y todo esto a un menor costo de construcción.

La investigación para su mayor comprensión consta de cinco capítulos, analizados y distribuidos de la siguiente manera:

**EL CAPÍTULO I.-** trata sobre el planteamiento del problema, la formulación de problema, el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación, la justificación de la investigación, limitaciones y viabilidad de la investigación.

**EL CAPÍTULO II.-** El marco teórico, los antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de Hipótesis general y específica.

**EL CAPÍTULO III.-** Se explica la metodología empleada de la investigación, las variables independiente y dependiente, el método de investigación, el tipo investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, operación y análisis de variables, técnicas de recolección de datos, técnicas para el procesamiento y el análisis de la información, lugar y periodo de la investigación.

**EL CAPÍTULO IV.-** Presenta el desarrollo de los resultados donde se realiza el análisis e interpretación de cada uno de los ensayos y procedimientos de ingeniería realizados en la interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio.

**EL CAPÍTULO V.-** Explica la discusión de resultados.

Bach. Ames Mejía, Hivo Fredie

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del Problema**

En la actualidad existen situaciones donde las mezclas asfálticas en caliente o en frío no tienen la capacidad de resistir la acción continua y perenne del tránsito y del clima de nuestra ciudad de Huancayo y en muchas otras ciudades de nuestro Perú, es por ello que se realiza el estudio de las mezclas asfálticas en frío, utilizando una emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1H incorporando un relleno mineral (cemento) a fin de mejorar la resistencia mecánica; tratando así de motivar con resultados el empleo de las mezclas asfálticas en frío como una alternativa frente al empleo de mezclas asfálticas en caliente, ya que, en relación a costos, un pavimento flexible en frío es más barato que un pavimento flexible en caliente y el proceso constructivo de un pavimento flexible en frío es más manejable y menos contaminante para el medio ambiente.

En la composición de las emulsiones utilizadas en las construcciones de pavimentos, actúan como agentes estabilizadores, teniendo un componente de asfalto residual de 60%, que representa que el 60% de volumen de la emulsión está compuesto de asfalto disperso en un 40% del volumen que es agua. El

porcentaje de asfalto puede variar entre 30% y 70%, pero los porcentajes de asfalto mayores a 60% no son recomendables para el reciclado debido a que la emulsión se vuelve viscosa, más difícil de bombear y por lo tanto es más difícil cubrir el agregado. Por ello, la ventaja que presentan este tipo de mezclas está en relación a su variabilidad, pues permiten utilizar una gran diversidad de agregados y tipos de emulsiones; además, pueden ser utilizadas en condiciones ambientales diversas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral en la resistencia mecánica, al incorporarse a una mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera la incorporación de relleno mineral influye en la estabilidad seca de la mezcla asfáltica en frío para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?
- b) ¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral en la estabilidad húmeda de la mezcla asfáltica en frío para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?
- c) ¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral con la variación del flujo de la mezcla asfáltica en frío para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?

### **1.2.3. Justificación social o práctica**

La presente investigación busca fomentar la utilización de pavimentos flexibles con mezclas asfálticas en frío con incorporación de relleno mineral, las cuales presentan un costo menor al de los pavimentos flexibles con mezclas asfálticas en caliente, de uso común en Huancayo, presentando una calidad adecuada.

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación científica o teórica**

El presente proyecto proporciona los conocimientos teóricos para la utilización de pavimentos flexibles con mezclas asfálticas en frío con incorporación de relleno mineral a fin de que se empleen en proyectos de pavimentaciones en la ciudad de Huancayo.

### **1.3.2. Justificación metodológica**

La presente investigación propone la metodología científica para el manejo de mezclas asfálticas en frío con la utilización de emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1H incorporando el relleno mineral (cemento) en la construcción de pavimentos flexibles, como una alternativa a los pavimentos flexibles con carpeta asfáltica en caliente.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Delimitación Espacial**

La delimitación espacial para la presente investigación comprende la realización de 4 Diseños de Marshall – Modificado Illinois, 5 briquetas para el cálculo de contenido óptimo de agua, 36 briquetas para el diseño de asfalto Método Marshall – Modificado Illinois, 42 briquetas para el

diseño de asfalto método Marshall – modificado Illinois con relleno mineral, 5 briquetas para el óptimo contenido de relleno mineral en el asfalto, también se realizó el ensayo cántabro, realizados en la ciudad de Huancayo.

#### **1.4.2. Delimitación Temporal**

La presente investigación fue realizada en el periodo del mes de septiembre del año 2018 hasta la elaboración de los especímenes del Diseño de mezcla asfáltica método Marshall – Modificado Illinois realizados hasta marzo del 2019. Que resulta frente a la problemática en nuestro medio para innovar en las nuevas tecnologías que se pueden aplicar en nuestra provincia de Huancayo.

#### **1.4.3. Delimitación Económica**

Esta investigación presenta una delimitación económica ya que para la construcción de pavimentos flexibles con mezclas asfálticas en frío presenta una condición económica alta para el investigador.

### **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones que se tuvieron para la elaboración de la presente investigación son de tipo económico, habiéndose realizado solo los ensayos comunes que se realizan en el ámbito local de la ciudad de Huancayo, asimismo, la emulsión asfáltica con la que se ha trabajado, es la más económica y accesible encontrada en el mercado.

#### **1.5.1. Limitación espacial**

El investigador desarrolló el proyecto de investigación basado en el análisis del estudio de los pavimentos flexibles con mezclas asfálticas en frío con la utilización de emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1H incorporando el relleno mineral

(cemento) son muy escasas en nuestro medio ya que se necesita un análisis más profundo del comportamiento de las emulsiones para nuestro climático.

### **1.5.2. Limitación temporal**

El Tesista desarrolló la presente investigación entre el periodo comprendido del mes de septiembre de 2018 al mes de agosto del 2019. Donde desarrollo el análisis del estudio de los pavimentos flexibles con mezclas asfálticas en frio con la utilización de emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1H incorporando el relleno mineral (cemento).

### **1.5.3. Limitación económica**

Las limitaciones en el desarrollo de la investigación se centran en la realización de los diferentes ensayos empleados en la presente investigación en las instalaciones de los laboratorios certificados por el INACAL (Instituto Nacional de Calidad). Por tanto, se realizaron ensayos y procedimientos de ingeniería los cuales son accesibles a nuestra necesidad y realidad, pero cumpliendo la normativa respectiva.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del relleno mineral en la Resistencia Mecánica, al incorporarse a una mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Evaluar cómo influye la incorporación de relleno mineral en la estabilidad seca de la mezcla asfáltica en frio para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018.

- b) Establecer cómo influye la incorporación de relleno mineral en la estabilidad húmeda para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018.
- c) Identificar en qué medida influye la incorporación de relleno mineral variando el flujo en la mezcla asfáltica en frío e influye para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

Según Ballena (2016) en la investigación de pregrado “Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío” concluye que “al adicionarse fibra de polietileno a la mezcla de asfalto en frío se reducen sus propiedades y se vuelve inestable por lo cual no se recomienda la utilización de este tipo de polietileno para ningún tipo de tránsito (liviano, medio y pesado). Asimismo, la mezcla después de su compactación se desmorona, por lo cual no se debe usar esta fibra en el asfalto en frío para ningún tipo de los 3 tipos de tránsito. Por ello mediante el análisis de la mezcla asfáltica, para tránsito pesado, cumple con 5% adicional de polietileno para elaboración de mezclas asfálticas en frío, ya que estas presentan mejores condiciones que el agregado normal en cuanto a volumen y eficiencia en cuanto a los días de espera para su uso, aumenta el volumen en 12.8% y disminuye en un día el secado de la emulsión asfáltica”.

De igual manera menciona que “con la misma clasificación de fibra de polietileno para el tránsito medio y liviano no es recomendado, por no haber cumplido con los requisitos solicitados en la norma (flujo y estabilidad). Se comprobó que el método más exacto para diseñar mezclas asfálticas en frío es el de las áreas equivalentes ya que este nos permite calcular la cantidad de exactas de agregado, cantidad de asfalto a ser utilizado en la mezcla según ensayos previos

y cumplir lo parámetros del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Para este proyecto fue necesario la elaboración de un diseño patrón con agregados convencionales el cual cumple con los estándares de calidad del MTC, para así de esa manera realizar la comparación respectiva y que tanto este puede modificar”.

**Según Ramírez (2015) en la investigación de pregrado “Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la cantera San Martín con cemento asfáltico pen 60/70 y emulsión asfáltica CSS-1HP”** indica que “los agregados gruesos de la cantera San Martín presentan características físicas angulares y/o alargadas ya que estos son formados naturalmente o triturados de piedra de cantera, estos tienen una resistencia al desgaste de 18.06%. De acuerdo a los estudios realizados se determinó que los agregados de dicha cantera con las especificaciones técnicas establecida por el ente normativo del MTC están dentro de los parámetros establecidos y su máxima resistencia es de 40% para  $\leq 3000$  msnm según MTC E207”.

Asimismo, señala que: “de acuerdo a los ensayos realizados en pruebas de laboratorio para la emulsión asfáltica CSS-1HP obtenidos de la empresa J&A Asphalt. S.A, podemos concluir que, si cumplen con las especificaciones establecidas por la Norma Técnica Peruana NTP 321.141, como se comprueba por los resultados en los ensayos realizados en el laboratorio de la empresa Carlos Amorós Heck Contratistas Generales S.A (CAH). La mezcla asfáltica óptima para un diseño de mezcla en caliente es de 6% con un cemento asfáltico PEN 60/70, con 55% de agregado grueso y 45% de agregado fino. Con respecto al diseño de mezcla asfáltica en frío con emulsión asfáltica CSS-1HP tiene un porcentaje óptimo de 6%, con 55% de agregado grueso y 45% de agregado

fino, además debemos de tener en cuenta que para la mezcla tenemos un 60% de emulsión asfáltica y 40% de agua.”

**De acuerdo a Vallejo (2011) en la investigación de pregrado “Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales”** indica que “el objetivo principal en la presente investigación es que cumplen con las especificaciones y metodologías mencionadas, las mezclas asfálticas en frío elaboradas sin filler no son recomendables para trabajos de pavimentación, debido a la baja resistencia a la tracción indirecta que presentan en estado saturado. En cambio, si a estas mezclas se les añade porcentajes de fillers pueden ser utilizadas para dichos trabajos, debido a que las resistencias conservadas a tracción indirecta por compresión diametral superan el rango de valores de 75% a 80% habitualmente exigidos en las normas. El tipo de agregado, principalmente su composición química (material calizo o silicio) y las características físicas, en especial el tamaño máximo del agregado, resistencia al desgaste, porcentaje de caras de fractura y de partículas chatas y alargadas; influyen en los resultados finales en la determinación de la estabilidad y resistencias a la tracción indirecta en las mezclas asfálticas en frío”.

**Según Martínez (2003) en la investigación de pregrado “Empleo del polímero SBR en la fabricación de mezclas asfálticas para zonas de altura”** concluye que en el aspecto técnico: “el empleo de una mezcla con polímero, para el caso de la carretera Guaqui Desaguadero, ha constituido una solución - al problema del fisuramiento de origen térmico, si se juzga en forma comparativa con el comportamiento de otras vías similares, construidas

empleando mezclas convencionales, las que presentan siempre algún tipo de deterioro luego del primer año de servicio. De acuerdo a la experiencia relatada en este trabajo, una mezcla con polímero presenta mejores características mecánicas en laboratorio que una mezcla convencional, lo que justifica plenamente el empleo de un coeficiente estructural mayor en el diseño del pavimento, aspecto que corrobora los resultados de la investigación especializada en el tema. Finalmente, el empleo de una mezcla asfáltica con polímero constituye una solución más económica, incluso como inversión inicial, para el caso de proyectos similares al del presente trabajo, y, en general, para proyectos de vías de primer orden en donde se requiera mezclas de gran durabilidad y resistencia a las deformaciones permanentes”.

#### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

**Según Pelaéz (2018) en la investigación de pregrado “Mezclas Asfálticas elaboradas con emulsión tipo CSS1H”** indica que “debido al diseño granulométrico de los agregados pétreos, los porcentajes de vacíos tuvieron un leve cambio dentro del rango, eso indica que aunque el diseño esté dentro de los parámetros a cumplir, no siempre los ensayos darán resultados óptimos. En una mezcla asfáltica fría, su cumplimiento en el diseño granulométrico es vital para la producción en grandes cantidades, y para que sus propiedades físicas, propiedades mecánicas y cambios volumétricos permanezcan dentro de los parámetros aceptados”.

Asimismo, manifiesta que: “de igual manera el Tesista menciona que una mezcla fría se trabaja mejor con porcentajes de humedad altos, ya que la humedad permite una mejor adherencia de la emulsión asfáltica con las partículas de agregado pétreo. Aunque la emulsión CSS1-H contiene un

porcentaje del 40 % de agua y 60 % de bitumen, es necesario agregar 5,5 % de agua, con respecto al peso de agregados pétreos, para que al realizar la mezcla esta sea óptima. El clima afecta directamente el curado de la mezcla o rompimiento de la emulsión, esto debido a que la mezcla debe de perder el porcentaje de humedad necesaria para que tenga un buen funcionamiento con sus propiedades físicas y propiedades mecánicas”.

**Según Cajas, Vicente e Iglesias (2010) en la investigación de pregrado “Utilización de escorias siderúrgicas para el mejoramiento de mezclas asfálticas en frío”** indican que “luego de haber realizado los diferentes ensayos para el control de calidad de los materiales pétreos tanto fino como grueso llega a concluir que la mina de Guayllabamba cumple con todas las especificaciones técnicas tanto bajo normas ecuatorianas y normas internacionales, dichos resultados muestran los ensayos de las propiedades de los agregados con su respectiva granulometría, gravedad específica, equivalente de arena, contenido orgánico, durabilidad a la acción de los sulfatos y abrasión. Asimismo, las emulsiones asfálticas utilizadas en las diferentes mezclas realizadas cumplen con todas las especificaciones técnicas de las normas, es así que las propiedades analizadas de esta emulsión fueron carga de la partícula, gravedad específica, porcentaje retenido en la malla número 20, viscosidad, estabilidad a las 24 horas, residuo por evaporación de igual manera ensayo de penetración y ductilidad. Para todos los ensayos de las mezclas asfálticas se realizaron con diferentes porcentajes de escoria siderúrgica (5%, 7.5%, 10%, 12.5% y 15%) donde las mezclas asfálticas cumplen con los parámetros más representativos del análisis tanto en las normas nacionales e internacionales”.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Reseña histórica de las mezclas bituminosas**

Las mezclas bituminosas tienen su primer antecedente en la construcción de firmes de carretas en 1830, mediante el empleo del alquitrán en algunos riegos superficiales, también este conglomerante se utilizó en 1850 en algunas vías urbanas y carreteras de Inglaterra, en paralelo con el consumo de gas en la ciudad para la iluminación, en cuya fabricación se obtenía alquitrán como subproducto. Coetáneo fue el empleo de este ligante en la pavimentación de ciertas áreas de la Puerta del Sol de Madrid. A partir de 1870 se emplean en Estados Unidos asfaltos naturales y algo más tarde, betunes de destilación (Recuenco, 2018).

Los fundamentos de la tecnología del empleo de mezclas bituminosas en la pavimentación fueron establecidos por el estadounidense C. Richardson a finales del XIX. La fabricación de mezclas bituminosas en central aparece después de la primera Guerra Mundial y toma un gran auge después de la segunda (Recuenco, 2018).

En España cabe destacar como primer hito importante su empleo en las realizaciones del denominado Circuito Nacional de Firmes Especiales, plan formulado en 1926. El consumo de estas mezclas fue aumentando con el tiempo, siempre ligado a las inversiones en carreteras, hasta alcanzar, hace pocos años, cifras anuales próximas a los 50 millones de toneladas, muy superiores a las actuales (Recuenco, 2018).

Los pavimentos de mezclas bituminosas son hoy las rodaduras preferidas por los usuarios, que aprecian sus cualidades de seguridad y comodidad. Los avances en la tipología, formulación y propiedades de estas mezclas son

notables y continuos y abren campos y posibilidades cada vez más amplios en su utilización, suministrando una adecuada respuesta a las crecientes exigencias en su proyecto de construcción. En todo caso, su versatilidad es notable y pueden utilizarse en muy diversos espesores, distintas características climáticas o diferentes superficies. En muchos casos se usan también como capas de base (Recuenco, 2018).

### **2.2.2. Características y clasificación de las mezclas**

Según (Recuenco, 2018). Una mezcla bituminosa es una unión íntima de áridos y un ligante bituminoso, de forma que en su estado final presenta, en general, un cierto porcentaje de aire ocluido (huecos en mezcla). Cabe destacar aquí algunas notas fundamentales:

- Por unión íntima se entiende que el ligante envuelve, en una película fina y continua, todas las partículas minerales.
- El aire (huecos) desempeña un papel fundamental.
- El ligante confiere a la mezcla un comportamiento complejo, derivado de su propia complejidad.
- Entre los áridos figura el polvo mineral, con funciones relevantes y específicas, en buena parte distintas de las del resto de los áridos.
- El porcentaje de ligante suele estar comprendido en el intervalo 3-10 % en masa (8-25 % en volumen).

Según (Recuenco, 2018). Existen diversas formas de clasificar las mezclas bituminosas, según el criterio al que se atiende y es necesario conocer la denominación y las características generales que determinan los distintos tipos.

Atendiendo a las fracciones de árido empleadas, se distinguen:

- Masilla (mástico) bituminoso: polvo mineral + ligante.

- Mortero bituminoso: árido fino + masilla bituminosa.
- Hormigón bituminoso: árido grueso + mortero bituminoso.
- Macadam bituminoso: árido grueso + ligante.

Según (Recuenco, 2018). Si se considera la temperatura de puesta en obra, cabe distinguir:

- Mezclas en frío: no se calientan los áridos previamente y la mezcla se extiende y compacta a temperatura ambiente. Principalmente se emplean emulsiones.
- Mezclas en caliente: se calientan previamente los áridos y el ligante que favorece la envuelta de los primeros por el segundo. La mezcla se extiende, tiende y compacta, también a temperatura muy superior al ambiente. Son hoy las más usadas y son del tipo hormigón bituminoso.
- Mezclas bituminosas templadas y semicalientes: se fabrican a temperatura intermedia entre las dos anteriores, por debajo o por encima de los 100°, respectivamente

Según (Recuenco, 2018). En lo que respecta a los huecos en mezcla pueden establecerse los siguientes grupos:

- Mezclas cerradas o densas, con porcentaje de huecos inferior al 5 %. Se emplean mucho en capas de rodadura y su impermeabilidad es muy alta. Son las conocidas como “densas” y semidensas”.
- Semicerradas, con huecos comprendidos en el intervalo 5-12 %. Se utilizan en capas intermedias y de base, pero no en rodadura, por poco impermeables y menor contenido de betún, lo que las hace más susceptibles al envejecimiento. Son las tradicionalmente denominadas “gruesas”.
- Abiertas. El porcentaje de huecos supera el 10-12 %. Tienen sólo árido

grueso y betún, resisten básicamente por rozamiento interno, al contrario de las anteriores, a las que el mástico da cohesión. Son muy flexibles y se emplean en rodaduras para carretas de tráfico ligero, con pequeño espesor (del orden de 5 cm) y áridos de elevada calidad. Para protegerlas del envejecimiento se sellan con lechada. Con mayor espesor se pueden usar en capas de base.

Según (Recuenco, 2018). En cuanto a la granulometría de los áridos, se diferencian dos tipos:

- De granulometría continua, en las que los áridos forman un verdadero esqueleto mineral, con partículas finas que rellenan los huecos que dejan entre si las gruesas y una película de ligante que envuelve a todas y cada una de ellas. Es fundamental conseguir un mínimo de huecos para permitir los cambios volumétricos del ligante con la temperatura y otros procesos más complejos. Estas mezclas son algo críticas respecto al contenido de betún, aunque se cuenta hoy con criterios probados para efectuar su correcta dosificación.
- Discontinuas. La curva granulométrica presenta discontinuidades en el sentido en que faltan fracciones de árido en determinados intervalos de tamaño. Algunas de las mezclas utilizadas en España en capas de rodadura son discontinuas.

Según (Recuenco, 2018). Por el tamaño máximo del árido:

- Mezclas gruesas. Son las utilizadas en España comúnmente, de tamaño máximo del árido comprendido entre 8 mm y 32 mm. Proporcionan macro textura y el espesor de capa es del orden de tres-cuatro veces este tamaño máximo.

- Mezclas finas. Aparte el lígante, sólo cuentan con árido fino, incluyendo, en su caso, el polvo mineral. Son las lechadas o micro aglomerados. No tienen papel resistente ni suministran macro textura y se extienden en capas de muy pequeño espesor.

Según (Recuenco, 2018). Por la estructura del árido se establecen dos tipos extremos:

- Mezclas con esqueleto mineral, que resisten por rozamiento interno y cohesión. Son las normalizadas en España y comprenden, básicamente, los hormigones bituminosos y las mezclas abiertas. Esta estructura requiere menos contenido de betún.
- Mezclas sin esqueleto mineral. Se trata de las masillas bituminosas y de los denominados asfaltos fundidos. Contienen elevadas proporciones de betún y de polvo mineral y eventualmente, árido grueso disperso en el mástico, sin contacto entre las partículas minerales y, por tanto, sin formación de esqueleto. La resistencia es debida exclusivamente a la cohesión proporcionada por la viscosidad de ese mástico. Se emplean betunes muy duros, para disminuir la susceptibilidad térmica.

### **2.2.3. Materiales empleados en mezclas asfálticas en frío**

Según (Recuenco, 2018). En este apartado se pasa revista a las características y propiedades que deben satisfacer los tres materiales fundamentales que constituyen una mezcla bituminosa: áridos, betún y polvo mineral.

### 2.2.3.1. Áridos

Los áridos de las mezclas bituminosas responden, en líneas generales, a las exigencias y características. Además de las habituales de limpieza, limitación del contenido en materia orgánica y no ser susceptibles de meteorización ni alteración física o química, los áridos deben satisfacer otras, relativas a granulometría y plasticidad, dureza y porcentaje de partículas trituradas, en el caso de las mezclas en caliente tipo hormigón bituminoso y capas de rodadura definidas (Recuenco, 2018).

Según (Recuenco, 2018). Los requisitos exigidos se han visto endurecidos en las últimas modificaciones efectuadas, consecuencia, en parte, de la necesaria armonización con la normativa europea. Así, y en el caso de capas de rodadura pueden destacarse algunos de ellos:

- Para las categorías de tráfico pesado, no se admite fabricar ningún tamaño de árido grueso (superior a 2 mm) por trituración de gravas procedentes de yacimientos granulares ni de canteras de naturaleza caliza.
- Para otras categorías de tráfico, si se emplea árido grueso procedente de la trituración de grava natural, el tamaño de las partículas ha de ser seis veces el tamaño máximo del árido final.
- También se han endurecido las exigencias en lo que respecta a la proporción de partículas total y parcialmente trituradas, totalmente redondeadas (prescripción anteriormente inexistente), desgaste de los Ángeles, índice de lajas y resistencia al pulimento acelerado, en el caso de capas de rodadura.

### **2.2.3.2. Betún**

Los tipos de betunes utilizados en cada caso dependen de la capa y mezcla bituminosa que se trate, de la categoría de tráfico y de las características climáticas de la zona en que se sitúe la carretera, respondiendo a las propiedades y criterios de utilización allí expuestos. Se utilizan betunes de penetración, modificados con polímeros y modificados con caucho (Recuenco, 2018).

### **2.2.3.3. Polvo mineral**

Según (Recuenco, 2018). Betún y polvo mineral son los componentes de una mezcla bituminosa que influyen en su calidad. Por polvo mineral se entiende la fracción mineral que pasa por el tamiz de 0,063 mm. Son los elementos más finos del esqueleto mineral y, además, forman un mástico con el betún. Estos dos hechos determinan sus funciones principales. Como constituyente del esqueleto mineral, el polvo mineral juega un papel importante:

- Rellena parte de los huecos que dejan el resto de los áridos, gruesos y finos, disminuyendo el contenido de huecos y haciendo más denso el esqueleto.
- Suministra puntos de contacto entre áridos de mayor tamaño, aumentando la estabilidad del esqueleto en su conjunto.
- Facilita la compactación, al actuar, ante esta, como rodamiento entre partículas más gruesas de árido.

Por otra parte, betún y polvo mineral forman un sistema coloidal, un mástico bituminoso, con propiedades diferentes a las del betún original pues se comporta como un ligante más duro y con una menor

susceptibilidad térmica, esto es más rígido, lo que hace que aumente la resistencia de las mezclas bituminosas a la formación de roderas u otras deformaciones plásticas (Recuenco, 2018).

En relación con este efecto de incremento de la rigidez de las mezclas es preciso señalar que aumenta hasta un punto, cuando crece la cantidad de polvo mineral, al disminuir el porcentaje de huecos y, por tanto, el betún necesario para obtener un determinado porcentaje de éstos. Si se excede un cierto contenido de polvo mineral el betún libre resulta escaso y la mezcla deviene frágil y de rápido envejecimiento. Por el contrario, reducidos, los contenidos de polvo mineral conducen a mezclas con exceso de betún libre y riesgo de exudaciones. De aquí que muchas normativas, entre ellas la española, acoten en un determinado intervalo la relación polvo mineral/betún, variable según el tipo de mezcla (Recuenco, 2018).

El polvo mineral influye también en la susceptibilidad al agua de una mezcla bituminosa. Así, por ejemplo, si el árido contuviera arcilla formaría parte, por el tamaño de sus partículas, del polvo mineral, impidiendo el contacto árido-betún. Asimismo, tiene algunos efectos sobre el envejecimiento del betún, al que puede acelerar por su capacidad de absorber los componentes más ligeros del betún, si bien otros efectos, menos conocidos, podrían ser de sentido contrario (Recuenco, 2018).

#### **2.2.3.4. Emulsiones bituminosas**

Tienen por objeto facilitar la puesta en obra del betún y poder llevar a cabo obras en tiempo lluvioso y frío, sin los inconvenientes de los

betunes. Las emulsiones bituminosas son dispersiones coloidales de betún o fase dispersa en agua fase continua con un agente emulsionante y, eventualmente, aditivos (Recuenco, 2018).

Según (Recuenco, 2018). Como principales ventajas cabe señalar las siguientes:

- No exigen disolventes de origen petrolífero.
- Tampoco precisan calentamiento durante la puesta en obra.
- No hay riesgo de incendio.
- En relación con los betunes fluidificados, aumenta la adhesividad árido- ligante por efectos químicos.
- Disminuye el efecto de los factores climáticos.
- Tienen claras ventajas de carácter ecológico.

Esto no debe llevar a pensar que las emulsiones sean la solución ideal para todas las capas bituminosas, pues la envuelta perfecta de los áridos en película continua a fin de lograr una mezcla de alta calidad sólo se consigue mediante calentamiento del betún (Recuenco, 2018).

Según (Recuenco, 2018). Las emulsiones se fabrican mayoritariamente en molinos coloidales, que consisten, en esencia, en dos cilindros coaxiales separados unas décimas de milímetro, uno de los cuales gira a velocidades del orden de los 2000/5000 rpm, y entre los que se hace pasar el agua y el betún calientes. La adición del emulgente (o emulsionante) tiene tres finalidades básicas:

- Facilitar la dispersión.
- Evitar la aglomeración de las partículas.
- Favorecer la adhesividad entre el árido y el ligante.

#### **2.2.4. Tecnologías de las mezclas**

Las mezclas bituminosas se emplean desde principios de siglo en las capas superiores de los pavimentos, no solo de carreteras y aeropistas, sino también en otro tipo de infraestructuras. Una mezcla bituminosa consiste en la combinación de agregados pétreos y ligantes asfálticos, de diversos tipos y espesores (Montejo, 2010).

##### **2.2.4.1. Materiales asfálticos**

Los asfaltos son el resultado directo de la destilación del petróleo crudo, ya sea ésta realizada natural o industrialmente (Montejo, 2010).

El asfalto natural se forma cuando el crudo sube a la superficie terrestre a través de grietas. La acción del sol y del viento separa los aceites ligeros y los gases, dejando un residuo negro y plástico, que es el asfalto natural. La mayor parte de los asfaltos naturales están impregnados con un alto porcentaje de arcilla o de arena muy fina, recogidas durante el viaje del crudo hacia la superficie terrestre (Montejo, 2010).

Los asfaltos del petróleo son los más empleados y se obtienen por destilación del crudo, que puede ser por vapor o por aire (Montejo, 2010).

El primer sistema produce asfaltos de excelente calidad para pavimentación, al paso que el segundo resulta en productos de poca utilidad en este campo de la construcción, llamados asfaltos oxidados (Montejo, 2010).

Los asfaltos de petróleo pueden tener base asfáltica o base

parafínica. Los de la base asfáltica son los que poseen mejores características para su empleo en pavimentación por sus propiedades ligantes y de resistencia a la meteorización de base parafínica se oxidan paulatinamente al exponerse al aire, dejando un producto pulverulento sin poder ligante (Montejo, 2010).

El tipo de base que posea un asfalto depende exclusivamente de las características del crudo del cual proviene (Montejo, 2010).

#### **2.2.4.2. Asfaltos líquidos**

Los asfaltos líquidos conocidos también como cut-backs o asfaltos rebajados, se producen diluyendo cemento asfáltico en algún solvente del petróleo (Montejo, 2010).

Según (Montejo, 2010). Si el solvente usado en la preparación del asfalto líquido es muy volátil, puede escapar rápidamente por evaporación y si su volatilidad es baja se evapora más lentamente. Con base en la rapidez con que se produce la evaporación del solvente, fenómeno que se conoce más como curado del asfalto, los asfaltos rebajados se dividen en tres tipos a saber:

- Asfaltos rebajados de curado lento (SC), cuyo solvente es un aceite pesado de baja volatilidad, usualmente del tipo Fuel-oil.
- Asfaltos rebajados de curado medio (MC), cuyo solvente típico es el kerosene.
- Asfaltos rebajados de curado rápido (RC), cuyo solvente es un líquido volátil, generalmente del tipo nafta o gasolina.

El grado de fluidez o liquidez obtenido en cada caso depende del grado del cemento asfáltico, de la volatilidad del solvente y de la

proporción relativa entre solvente y cemento asfáltico (Montejo, 2010).

Cuando el solvente es del tipo de la nafta o gasolina, se obtienen los asfaltos rebajados de curado rápido y se designan con las letras RC (rapid curing), seguidos por un número que indica el grado de viscosidad cinemática en centiéstokes, en Colombia, el más utilizado es el RC-250, si el solvente es kerosene, se designan con las letras MC (médiun curing) seguidos con un número que indica el grado de viscosidad cinemática medida en centiéstokes en Colombia el más usado es el MC-70 (Montejo, 2010).

El otro tipo de asfalto líquido o rebajado es el de curado lento, cuyo solvente fluidificante es aceite liviano, relativamente poco volátil y se designa por las letras SC (slow curing), seguidas por el respectivo número de viscosidad cinemática que tienen, en Colombia no se produce en la actualidad (Montejo, 2010).

#### **2.2.5. Ensayos normales sobre productos bituminosos para pavimentación**

Según (Montejo, 2010) “Para evaluar la calidad de cualquiera de los tipos de asfalto ya mencionados y para realizar su clasificación se han ideado una serie de ensayos de laboratorio que han llegado a formar parte de la práctica rutinaria y que pasamos a describir someramente”.

##### **2.2.5.1. Penetración**

Se lleva a cabo sobre los cementos asfálticos y sobre los residuos de la destilación de asfaltos líquidos o emulsiones asfálticas, y es una medida de la consistencia de los mismos. Sobre una pasta de asfalto previamente moldeada y calentada hasta una temperatura

uniforme de 25°C, se coloca una aguja de acero de diámetro y dimensiones normalizados, que soporta un peso de 100 gramos y se deja libre durante 5 segundos. La distancia que la aguja logre penetrar dentro de la pasta asfáltica en estas condiciones, medida en décimas de milímetros, se denomina penetración del asfalto. Mientras mayor sea la penetración, más blanda es la consistencia del cemento asfáltico (Montejo, 2010).

#### **2.2.5.2. Viscosidad**

El ensayo tiene por objeto, determinar el estado de fluidez del asfalto, en el rango de temperaturas que se usan durante su aplicación. Se mide, ya sea por la viscosidad cinemática o mediante la viscosidad Saybolt Furol. La viscosidad de un cemento asfáltico a las temperaturas usadas en el mezclado (normalmente 135°C) se mide con viscosímetros capilares de flujo inverso a viscosímetros Saybolt; la viscosidad absoluta del cemento asfáltico, a las temperaturas altas en servicio (normalmente 60°C), generalmente se mide con viscosímetros capilares de vidrio al vacío (Montejo, 2010).

Los asfaltos presentan un amplio rango de viscosidades, siendo necesario disponer de diversos viscosímetros que difieren en el tamaño del capilar. La base de este ensayo es medir el tiempo necesario para que un volumen constante de material fluya bajo ciertas condiciones rígidamente controladas. Usando el tiempo medido en segundos y la respectiva constante de calibración del viscosímetro, es posible calcular la viscosidad del material en las

unidades fundamentales, stokes o centistokes (Montejo, 2010).

En el ensayo Saybolt furol, se utiliza un viscosímetro Saybolt equipado con un orificio furol. Se coloca un determinado volumen de cemento asfáltico en un tubo normalizado y cerrado con un tapón: se calienta la muestra usando el aceite del baño termostático del viscosímetro. Después que el asfalto alcanza la temperatura requerida se saca el tapón y se mide el tiempo en segundos, en el que fluyen 60 ml del material a través del orificio furol. Los valores se expresan en segundos Saybolt furol (SSF) (Montejo, 2010).

### **2.2.5.3. Punto de ablandamiento**

Los asfaltos son materiales termoplásticos, por lo cual no puede hablarse de un punto de fusión en el término estricto de la palabra. Se ha definido por conveniencia, un punto de ablandamiento convencional, determinado por la temperatura a la que alcanza un determinado estado de fluidez. La prueba más común para determinar el punto de ablandamiento de un cemento asfáltico es la denominada de anillo y bola (Montejo, 2010).

El punto de ablandamiento de anillo y bola se determina colocando en un recipiente con agua, a una determinada altura sobre el fondo, un anillo de latón de dimensiones establecidas, el cual se rellena previamente con el asfalto fundido y se deja enfriar a la temperatura ambiente durante cuatro horas. Transcurrido ese tiempo, se coloca una esfera de 9.51 mm de diámetro, y se calienta el baño de tal manera que la temperatura del agua suba a velocidad constante. Debido al calor, el asfalto se ablanda y la esfera

desciende gradualmente envuelta en una bolsa de asfalto hasta tocar el fondo del baño. La temperatura del baño en ese instante es lo que se denomina el "punto de ablandamiento de anillo y bola" del cemento asfáltico ensayado (Montejo, 2010).

#### **2.2.5.4. Ductilidad**

Una propiedad que tienen los asfaltos es su gran capacidad de mantenerse coherentes bajo las grandes deformaciones inducidas por el tránsito. La ductilidad se mide en un equipo denominado ductilímetro. En el ensayo se mide la resistencia a la ruptura por medio del alargamiento de una probeta de cemento asfáltico, estirada en sus extremos a velocidad constante. Normalmente el ensayo se realiza a una temperatura de 25°C y una velocidad de alargamiento de 5 cm/min (Montejo, 2010).

Los asfaltos que poseen alta ductilidad normalmente son más adhesivos que aquellos que tienen en menor grado esta característica, pero pueden variar su consistencia rápidamente al cambiar la temperatura (más susceptibles a la temperatura) (Montejo, 2010).

#### **2.2.5.5. Punto de inflamación**

El punto de inflamación corresponde a la temperatura a la que el asfalto puede ser calentado con seguridad, sin peligro a que se inflame en presencia de una llama. Esta temperatura es más baja que la necesaria para que el material entre en combustión; por lo tanto, este análisis sirve como prueba de seguridad en la operación de las plantas asfálticas en caliente (Montejo, 2010).

El asfalto que se ha de ensayar se coloca en un recipiente especial y se calienta de manera que la temperatura aumente uniformemente. A intervalos frecuentes, se pasa por la superficie una llama pequeña y se registra la temperatura a la que surja una llamarada en cualquier punto de la misma, denominada punto de llama. Este ensayo da una indicación de la volatilidad de los materiales asfálticos y sirve para establecer temperaturas de calentamiento sin peligro de incendio. En su ejecución, se puede emplear dos aparatos que satisfacen los mismos fines y que se conocen como vaso abierto de Cleveland y copa abierta de Tag (Montejo, 2010).

#### **2.2.5.6. Película delgada**

El ensayo al horno de película delgada es un procedimiento que trata de simular en el laboratorio las condiciones que producen un aumento de la consistencia del asfalto durante las operaciones de mezclado en la planta; por lo tanto, mide el endurecimiento o posible grado de "envejecimiento" del cemento asfáltico durante las operaciones de mezclado. Una película de 3 mm de espesor se calienta a 163°C durante 5 horas, al cabo de las cuales se somete a los ensayos de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad; se calcula el porcentaje de pérdida de peso, la penetración retenida, el aumento del punto de ablandamiento y el incremento de la viscosidad o relación de envejecimiento (Montejo, 2010).

#### **2.2.5.7. Solubilidad**

La solubilidad es una medida de la pureza del asfalto. Los

máltenos, los constituyentes cementantes (resinas) y los asfáltenos, son solubles en disulfuro de carbono, tricloroetileno, tetracloruro de carbono y otros solventes orgánicos de bajo punto de ebullición. La materia inerte (no cementante) como sales, carbón libre o impurezas orgánicas son insolubles en estos solventes. La solubilidad se determina disolviendo el asfalto en el solvente y separando las porciones solubles e insolubles mediante filtrado en un gooch con asbesto. Se cuantifica la cantidad de material que es retenido en el filtro expresándolo como un porcentaje en peso de la muestra original (Montejo, 2010).

#### **2.2.5.8. Contenido de agua**

Salvo las emulsiones asfálticas, los materiales bituminosos deben ser libres de agua porque esta ocasiona humaredas al calentar el material provocando a veces situaciones de peligro. Para determinar si un material asfáltico contiene agua y en qué cantidad en caso afirmativo, se mezcla un volumen determinado del material que se va a ensayar, con xylol o con gasolina de alto punto de ebullición y se calienta en un alambique que termine en una pipeta graduada. Si hay agua, ésta se acumula en la pipeta, donde puede medirse (Montejo, 2010).

#### **2.2.6. Método Marshall Modificado – Método Illinois**

Fue desarrollado por Bruce Marshall. Consiste, en esencia, una vez fijada la granulometría de los áridos, en la preparación de probetas normalizadas, cada una de ellas con distinto contenido de betún. Estas probetas son compactadas, también según un procedimiento normalizado y sometidas a rotura por tracción

indirecta (Recuenco, 2018).

Según (Recuenco, 2018). El ensayo permite obtener las seis curvas y la dosificación de betún, a través de la siguiente sistemática:

- Comprobación de que toda la curva de huecos en áridos está por encima de un valor especificado por las normas y que no presenta grandes pendientes. De no ser así, hay que modificar la granulometría de los áridos.
- Identificación de la horquilla de contenido de ligante que permita obtener una proporción de huecos en mezcla dentro de un rango normalizado.
- Dentro de esta horquilla se procura que la razón polvo mineral/ligante sea lo más próxima posible a un valor especificado, dependiente de la capa en que se emplee la mezcla y de la temperatura estival.
- Ha de comprobarse que el contenido de huecos en áridos se sitúe en la parte descendente de la curva.
- Se comprueba la estabilidad y la deformación. Si satisface el mínimo prescrito y está dentro del rango especificado, respectivamente, el contenido de betún puede darse por bueno.

Adicionalmente, es preciso comprobar que con este contenido de betún la mezcla tiene buena resistencia a las deformaciones plásticas y a la acción del agua, mediante los correspondientes ensayos (Recuenco, 2018).

#### **2.2.7. Ensayo Cántabro y Hubbard-Field**

El ensayo Cántabro fue utilizado para la dosificación de mezclas porosas. Con él se mide la pérdida de masa que experimenta una probeta Marshall sometida al ensayo de desgaste de Los Ángeles, sin haber introducido bolas de acero en la máquina (Recuenco, 2018).

El ensayo Hubbard - Field consiste en fabricar probetas cilíndricas de

dimensiones normalizadas y obtener su carga de rotura al hacerlas pasar, por extrusión, por un anillo de menor diámetro. En la determinación de la dosificación de betún interviene también la densidad y los huecos en mezcla (Recuenco, 2018).

#### 2.2.8. Selección y control de calidad de materiales

La estimación se realiza a través de ensayos de laboratorio de los agregados a utilizar y de la emulsión asfáltica elegida.

Los agregados para mezclas asfálticas se utilizan en combinación con el asfalto o derivados de este, y forman un 90% del peso de dichas mezclas, siendo sus propiedades de gran dominio sobre el producto terminado. Los agregados más utilizados son la piedra, grava chancada o natural, arena chancada y arena natural (Galván, 2015).

Para elegir el ligante se toma en cuenta la afinidad con la naturaleza y la granulometría de los agregados, con el cual debe tener buena adherencia y una firmeza acorde a las condiciones de clima de la zona de trabajo. Las participaciones de las emulsiones son calculadas mediante ensayos de laboratorio descritos en descritos en el cuadro que se muestra a continuación y deben cumplir los valores de la Tabla 2 de especificaciones técnicas (Galván, 2015).

Tabla 1. *Ensayos realizados a las emulsiones.*

<b>ENSAYO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NORMATIVA</b>
Carga de partículas	Identifica si una emulsión es catiónica o aniónica	ASTM D244
Viscosidad Saybolt Furol	Mide viscosidad de la emulsión, expresado en segundos Saybolt Furol, a temperatura de 25°C o 50 °C	ASTM D245

Sedimentación y estabilidad para almacenamiento	Detecta la tendencia de los glóbulos de asfalto a sedimentar a lo largo de un periodo de tiempo	ASTM D246
Mezcla con cemento	Indica la capacidad de una emulsión de rotura lenta para mezclarse, sin romper, con un material de alta superficie específica.	ASTM D247
Recubrimiento en campo	Realizado en el mismo lugar para determinar capacidad para recubrir al agregado, resistir los efectos del mezclado y resistencia al agua del agregado	ASTM D248
residuo asfáltico	Separación de agua y asfalto por destilación, obteniendo un residuo asfáltico.	ASTM D249

Fuente: MTC

Asimismo, en las mezclas en frío adquiere mucha categoría el contenido de agua, ya que un alto contenido de agua ayuda al preparado, pero perjudica las propiedades mecánicas de la mezcla, afectando denegadamente a la densidad final y a la distribución del ligante respectivamente.

*Tabla 2. Rango de valores aptos para las emulsiones.*

Tipo	Rotura lenta	
	CSS-1H	
Grado	min	máx.
Pruebas sobre emulsiones	-	-
Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	20	100
Estabilidad de almacenamiento, 24 h, %	-	-
Carga de partícula	-	positivo
Prueba de tamiz	-	0.1
Mezcla de cemento, %	-	2
Destilación:	-	-

% residuo pruebas sobre el residuo dilación	57	-
Penetración, 25°C, 100g, 5 s	100	250
Ductibilidad, 25°C, 5cm/min, cm	40	-

### 2.2.9. Contenido de ligante asfáltico tentativo

Método del instituto de asfalto

El método busca comprobar un porcentaje de asfalto residual por peso de la mezcla, iniciando con la aplicación de una fórmula empírica basada en las características granulométricas del agregado:

$$CA = 0.032a + 0.045b + kc + K$$

**Dónde:**

CA= porcentaje por peso de emulsión asfáltica, basado en el peso de agregado seco.

a= Porcentaje retenido en la malla N°10.

b= Porcentaje que pasa la malla N°10 y retenido en la malla N°200.

c= Porcentaje que pasa la malla N°200.

k= Porcentaje que pasa el tamiz N°200 se encuentra entre el 10 y 15% es 0.20

k= Porcentaje que pasa el tamiz N°200 se encuentra entre el 5 y 10% es 0.18

k= Porcentaje que pasa el tamiz N°200 es menos del 5% es 0.15.

K= Absorción de los agregados, máximo 2.

Y con la aplicación de la siguiente fórmula se puede determinar el contenido estimado de asfalto residual

$$ACA = \frac{P \times CARE}{100}$$

**Dónde:**

CARE= Contenido de asfalto residual en la emulsión (%).

CA= Contenido de asfalto residual total por peso de mezcla (%)

P = Contenido total de agua en la mezcla

Para Galván (2015) el contenido total de agua en la mezcla comprende la suma de los contenidos de agua en la emulsión, humedad natural y agua de pre mezcla. El Contenido de humedad natural, es la relación que existe entre el peso de agua de una muestra del material y el peso sólido del mismo, expresado en porcentaje.

La proporción del agua de pre mezcla funciona como el medio para que la emulsión pueda recubrir el agregado y puede ser visualizada mediante un ensayo de recubrimiento.

Adicionalmente, se calcula el contenido de agua para la compactación. Es necesario optimizar el contenido de agua en la compactación para extender las propiedades de la mezcla ansiada, debido a que este contenido de agua define las propiedades de densificación de las muestras compactadas.

El cálculo se determina mediante una curva de valores de Estabilidad vs Contenido de Agua de compactación obtenidos al ensayar muestras preparadas con cada contenido de agua de compactación a ser evaluado, donde el valor óptimo es determinado como el punto más alto de la curva (Galván, 2015).

**2.3. Definición de términos**

Las bases conceptuales que a continuación se detallan son recopiladas del “Glosario De Términos De Uso Frecuente En Proyectos De Infraestructura Vías

del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (agosto 2008), a continuación, se detalla:

### **2.3.1. Afirmado**

Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

### **2.3.2. Agregado**

Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

### **2.3.3. Agregado bien graduado**

Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral y que se encuentra centrado a una curva granulométrica “huso” especificada.

### **2.3.4. Agregado fino**

Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

### **2.3.5. Agregado grueso**

Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4.

### **2.3.6. Análisis granulométrico o mecánico**

Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

### **2.3.7. Ahuellamiento**

Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

### **2.3.8. Asfalto**

Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

### **2.3.9. Asfalto de imprimación**

Asfalto fluido de baja viscosidad (muy líquido) que por aplicación penetra en una superficie no bituminosa.

### **2.3.10. Base**

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la sub rasante y la capa de rodadura.

### **2.3.11. Bitumen**

Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfálticas.

### **2.3.12. Cantera**

Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

### **2.3.13. Cemento Asfáltico**

Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos.

### **2.3.14. Certificado de control de calidad**

Documento que permite conocer los resultados de ensayos de laboratorio o de campo, durante el proceso constructivo de una carretera.

### **2.3.15. Control de calidad**

Pruebas técnicas para comprobar la correcta ejecución de las diferentes etapas o fases de un trabajo con relación a las especificaciones técnicas o requisitos específicos establecidos.

### **2.3.16. Emulsificante**

Sustancia que modifica la tensión superficial de gotas microscópicas (coloidales).

### **2.3.17. Emulsión asfáltica**

Una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de agente emulsivo.

### **2.3.18. Ensayo Marshall**

Procedimiento para obtener el contenido de asfalto y diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa.

### **2.3.19. Estabilidad**

Propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad es una función de la cohesión y la fricción interna del material.

### **2.3.20. Filler**

Material proveniente por lo general de la caliza pulverizada, polvos de roca, cal hidratada, cemento Pórtland, y ciertos depósitos naturales de material fino, empleado en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente como relleno de vacíos, espesante de la mezcla o como mejorador de adherencia.

### **2.3.21. Grado de penetración**

Sistema de Clasificación de los cementos asfálticos basado en la penetración a una temperatura de 25°C. Existen grados patrones de clasificación tales: 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 y 200-300.

### **2.3.22. Grado de viscosidad**

Sistema de clasificación de cementos asfálticos basado en rangos de viscosidad a una temperatura de 60°C (140°F). Usualmente también se especifica una viscosidad mínima a 135°C (275°F). El propósito es de establecer valores límites de consistencia a estas dos temperaturas. Los 60°C (140°F) se aproximan a la máxima temperatura de servicio de la superficie del pavimento asfáltico. Los 135°C (275°F) se aproximan a la temperatura de mezclado y colocación de pavimentos de mezclas en caliente. Existen cinco grados de cemento asfáltico basado en la viscosidad del asfalto original a 60°C (140°F).

### **2.3.23. Granulometría**

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

### **2.3.24. Impermeabilidad**

Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

### **2.3.25. Imprimación**

Aplicación de un material bituminoso, de baja viscosidad, para recubrir y aglutinar las partículas minerales, previamente a la colocación de una capa de mezcla asfáltica.

### **2.3.26. Mezcla asfáltica en frío**

Es una mezcla en frío procesada en planta u otros medios, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivos de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

### **2.3.27. Viscosidad**

Medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La incorporación de relleno mineral incrementa la resistencia mecánica; mejorando las propiedades de deformación y rigidez.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al incorporarse un relleno mineral se aumenta la estabilidad seca para una alta resistencia mecánica en la mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018.
- b) Incorporando un relleno mineral se aumenta la estabilidad húmeda para un desempeño de alta resistencia mecánica, en la mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018.
- c) El relleno mineral incorporado reduce el flujo para un desempeño de alta resistencia mecánica, en la ciudad de Huancayo 2018.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de las Variables**

#### **Relleno Mineral.**

Materia prima que se presenta en el Cemento Portland y cal y a su vez es una alternativa para la construcción reduciendo costos y minimizando los impactos ambientales.

#### **Resistencia mecánica.**

La resistencia mecánica de un pavimento viene determinada en primer lugar por la resistencia a compresión y flexo tracción que proporciona la base de los agregados, la cual debe de garantizar la capacidad de soportar los esfuerzos creados por las cargas previstas del tráfico.

### **2.5.2. Definición Operacional de la Variable**

#### **Variable Independiente**

#### **Relleno Mineral.**

El relleno mineral suministra puntos de contacto entre los agregados, aumentando la estabilidad de la mezcla, asimismo rellena parte de los huecos que dejan los agregados disminuyendo así el contenido de huecos y haciendo

más denso el esqueleto de la mezcla.

**Dimensiones:**

- Tipo de Relleno Mineral
- Tipo de Emulsión de Rotura lenta
- Gravedad Específica
- Granulometría

**Indicadores:**

- Cemento Portland
- Tiempo de rotura
- Carga de partícula
- Peso específico
- Granulometría del relleno mineral – cemento.

**Variable dependiente**

**Resistencia mecánica**

La resistencia mecánica permite reducir las deformaciones de los cuerpos que no son ni sólidos ni líquidos, es decir de cuerpos intermedios entre sólido elástico y líquido viscoso.

**Dimensiones:**

- Estabilidad Seca
- Estabilidad húmeda
- Fluidez

**Indicadores:**

- Estabilidad Marshall (Para Estabilidad Seca y húmeda)
- Flujo Marshall

**2.5.3. Definición Operacional de la Variable**

## VARIABLE INDEPENDIENTE (X): RELLENO MINERAL

(CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE)

Tabla 3.-Cuadro de operacionalización de Variable Independiente

<b>OPERACIONALIZACION DE VARIABLES</b>					
<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>RELLENO MINERAL</b>	El relleno mineral suministra puntos de contacto entre los agregados, aumentando la estabilidad de la mezcla, asimismo rellena parte de los vacíos que dejan los agregados disminuyendo así el contenido de vacíos y densifica la estructura de la mezcla.	TIPO DE RELLENO MINERAL	Cemento portland	%	-
		TIPO DE EMULSION DE ROTURA LENTA	Tiempo de Rotura	seg	ASTM D 244-00
			Carga de Partícula	%	ASTM D 244-00
		GRAVEDAD ESPECIFICA	Peso especifico	Gr/cm <sup>3</sup>	MTC E – 216 - 2000
GRANULOMETRÍA	Granulometría del relleno mineral - cemento	%	MTC E – 205 - 2000		

**VARIABLE DEPENDIENTE (Y): RESISTENCIA MECÁNICA.**

(CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE)

Tabla 4.- Cuadro de operacionalización de Variable Independiente

<b>OPERACIONALIZACION DE VARIABLES</b>
--

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>RESISTENCIA MECÁNICA</b>	La resistencia mecánica permite reducir las deformaciones de los cuerpos que no son ni sólidos ni líquidos, es decir de cuerpos intermedios entre sólido elástico y líquido viscoso.	ESTABILIDAD SECA	Estabilidad Marshall	%	MTC E 504
		ESTABILIDAD HUMEDA	Estabilidad Marshall	%	MTC E 504
		FLUIDEZ	Flujo Marshall	%	MTC E 504

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método general de la investigación fue el método científico, debido a que, la metodología científica además de tener características esenciales, importancia en el proceso de conocer la verdad y reglas de carácter universal, tiene un conjunto de elementos que los conforman, a partir de los niveles de metodología filosófica, científica general y científica particular, que en función del problema y de los propósitos de la investigación adopta una forma específica.

El método básico para el presente estudio fue el método descriptivo, ya que, tal como lo señala Sánchez y Reyes (2002), consiste este método permite describir, analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos relacionados con otras variables tal como se dan en el presente estudio. Además, apunta a estudiar el fenómeno en su estado actual y en su forma natural; por tanto, las posibilidades de tener un control directo sobre las variables de estudio son mínimas, por lo cual su validez es discutible.

### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue Cuantitativa es aquella que utiliza predominantemente la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

### **3.3. Nivel de la investigación**

El nivel de la investigación fue Descriptivo-Explicativo puesto que, investiga y determina las propiedades, características de las variables describiendo las causas explicando por qué sucede dicho problema o fenómeno.

### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño general de la investigación fue el Experimental, ya que se trabajó en el laboratorio a través de las 88 muestras, es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población para la investigación estuvo conformada por 88 muestras a fin de determinar el efecto en la resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en frío en las cuales se aplicó un relleno mineral (Cemento andino tipo I) mediante el método Illinois, elaborados y ensayados en laboratorio de ensayo de materiales ubicado Jr. Grau 211 – Chilca – Huancayo – Junín, cuyo detalle es el siguiente:

- Caracterización de agregados.
- Calculo tentativo de agua (5 Briquetas)

- Diseño de Asfalto Método Marshall – Modificado Illinois. (36 Briquetas)
- Diseño de Asfalto Método Marshall – Modificado Illinois con Relleno Mineral. (42 Briquetas).
- Optimo Contenido de Relleno Mineral en el Asfalto. (5 Briquetas)
- Ensayo cántabro

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

De acuerdo a Bernal (2006) las técnicas de investigación dependen del método y el tipo de investigación, situación por la cual se ha considerado los siguientes:

#### **3.6.1. La técnica del censo**

La técnica de recolección de datos es el censo. Un censo es un tipo de método de recopilación de datos que involucra a toda la población; En un censo no se usa un método de muestreo. Como todos los miembros participan en el censo, los datos recopilados son precisos y detallados. Un censo reúne información de cada entidad en una población.

#### **3.6.2. Instrumentos recolección de datos**

Los instrumentos que se aplicó en la unidad de análisis fueron los datos obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio:

- ✓ **Ficha de observación**, toma en cuenta la condición de los materiales a utilizar.
- ✓ **Hoja de cálculo Excel para el análisis de diseño**, toma en cuenta los parámetros del estudio de mecánica de suelos para su posterior análisis.
- ✓ **Ficha de evaluación del tiempo**, toma en cuenta el periodo que demandó la construcción del área investigada.

### **3.7. Procesamiento de la información**

#### **3.7.1. Fase de planteamiento y organización (pre campo)**

✓ **Obtención de información básica**

Antes de realizar el trabajo de campo, se obtuvo la información básica del Proyecto donde se realizó las labores de análisis del comportamiento de las mezclas asfálticas en frío incorporando el relleno mineral (cemento portland) evaluadas en el laboratorio.

✓ **Selección de la zona de trabajo a analizar**

La investigación se desarrolló en el laboratorio a condiciones climáticas de nuestro medio.

✓ **Elaboración y validación de fichas de observación**

Se elaboró las fichas de observaciones para la toma de datos en campo, considerando las características de los agregados, procedencia, comportamiento de la emulsión con el relleno mineral (cemento portland). Asimismo, las fichas elaboradas y analizadas por el investigador.

✓ **Información sobre el tema de investigación**

Se recopiló la información mediante referencias bibliográficas, normas técnicas, nacionales e internacionales, manual de ensayos de materiales y diseño geométrico de carreteras, etc.

#### **3.7.2. Fase de trabajo de campo o recolección de datos**

✓ **Toma de datos**

La inspección nos permitió obtener los diversos datos de campo para nuestro respectivo análisis del proyecto a investigar:

✓ **Para el análisis de tiempo y costo**

Se inicia con la recolección de estos datos de los diferentes ensayos realizados para luego ser procesadas en el Excel para su análisis pertinente.

**3.7.3. Fase de gabinete**

✓ **Procesamiento de datos**

Con los resultados obtenidos en la fase de pre campo y campo se procedió a realizar el análisis de los datos obtenidos según los objetivos planteados.

**3.7.4. Informe de investigación**

Una vez culminado las visitas de campo, ensayos realizados en el laboratorio y los trabajos en gabinete, se procedió analizar, evaluar y obtener resultados de las características de las mezclas asfálticas en frío con emulsión CSS-1H y mezclas asfálticas en frío con emulsión CSS-1H incorporado el relleno mineral (Cemento portland), todas estas evidenciadas con fotos, y otros incorporados en el Informe Final.

**3.8. Técnicas y análisis de datos**

En esta etapa se determina como analizar los datos obtenidos de la recolección, los cuales fueron mediante los siguientes softwares:

**Microsoft Excel:** Permitió generar hojas de cálculos, tablas, gráficos estadísticos, cuadros comparativos, con los datos importados de campo, obteniendo resultados específicos para cada método investigado.

**Microsoft Word:** Permitió la elaboración de la parte descriptiva de los datos procesados, sistematización e interpretación de los resultados obtenidos de campo para posterior comparativo para cada método investigado.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Caracterización de las Emulsiones Asfálticas de Rotura Lenta**

El material empleado en el diseño de una mezcla asfáltica en frío empleando los materiales pétreos de la cantera ubicada en el Distrito de San Lorenzo denominado Rio Seco, se extrajo el material granular de piedra chancada y el polvillo de roca, ambos materiales fueron sometidos a las diferentes caracterizaciones físico-mecánico estipulados en la norma técnica peruana.

#### **4.2. Caracterización de los Agregados**

Los agregados pétreos utilizados en este diseño de mezcla nos permitieron determinar las principales características físicas como forma, geometría, procedencia, brillo y propiedades mecánicas como dureza, tenacidad, adherencia y trabajabilidad tanto para los agregados pétreos como la piedra chancada (agregado grueso) y el polvillo de roca (agregado fino), material extraído de la cantera de Rio Seco ubicada en el distrito de San Lorenzo.

#### **4.3. Ensayos Técnicos para el agregado Grueso.**

La piedra chancada (Agregado grueso) fue sometido a los diferentes ensayos estipulados en el Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013).

#### **4.3.1. (MTC E 203 - 2000 / ASTM C 29) Ensayo análisis Granulométrico del Agregado Grueso**

Este ensayo nos permitió obtener la gradación general de la piedra chancada que fue sometido a una curva granulométrica cumpliendo los estándares de límite inferior y límite superior dependiendo del material utilizado.

La piedra chancada fue sometida a una gradación por los tamices  $\frac{3}{4}$ " (19.05 mm),  $\frac{1}{2}$ " (12.70 mm),  $\frac{3}{8}$ " (9.52 mm) y la N°4 (4.75 mm) obteniendo una curva granulométrica estandarizada en los parámetros establecidos.

*Fotografía 1.- Ensayo análisis Granulométrico del agregado Grueso*



Fuente: Propia.

#### **4.3.2. (MTC E 210-2000 / ASTM D 5821) Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados**

Al someter la piedra chancada al ensayo de caras fracturas se obtuvo un 95% de caras fracturadas del agregado pétreo grueso cumpliendo así el estándar estipulado en el Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013). Para la realización de este ensayo se utilizó la gradación del material pétreo, se lavó y se secó en el horno por 24 horas para obtener así un material sin impurezas y luego se empezó a evaluar el porcentaje

de las caras fracturadas de cada agregado considerándose como agregado fractura cuando presenta el 25% de la sección máxima de la partícula.

*Fotografía 2.- Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados*



#### **4.3.3. (MTC E 203 - 2000 / ASTM C 29) Ensayo peso unitario y porcentaje de vacíos de agregados gruesos**

Se determinó el peso unitario de la muestra, en el cual fue colocando el material en un recipiente de Proctor con un volumen estandarizado para luego ser colocado el material de la piedra chancada (agregado grueso) en 3 capas para luego ser compactadas con una varilla lisa a 25 golpes por capa, para proceder a enrasar y dicho procedimiento se realizó por tres veces obteniendo un valor de luego ser pesada, obteniendo el peso específico un valor de 2.70 kg/cm<sup>3</sup>.

*Fotografía 3.- Ensayo peso unitario y porcentaje de vacíos de agregados gruesos*



#### **4.3.4. (MTC E 207- 2000 / ASTM C131) Ensayo de abrasión de los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2")**

Se realizó el ensayo de la abrasión de los ángeles al agregado piedra chancada (Agregado grueso) el cual se realizó con tres pesos de la piedra chancada (3.845 kg, 3.815 kg, 3.825 kg) dicho material fue sometido a la máquina de abrasión los Ángeles a 500 revoluciones durante un periodo de tiempo de 15 minutos y luego fue tamizado en el tamiz N°12 obteniendo un valor promedio de desgaste del material del agregado grueso de la cantera de rio seco de 24.46%.

*Fotografía 4.- Ensayo de abrasión de los Ángeles*



Fuente: Propia.

#### **4.3.5. Ensayo de gravedad específica y absorción de agregados gruesos (MTC E 206-2000/ ASTM E 127)**

La piedra chancada fue sumergida en agua por un periodo de 24 horas para luego ser secada superficialmente y obtener un peso de la muestra saturada obteniendo así la absorción del agregado pétreo grueso, lo cual es de mucha importancia en el cálculo del porcentaje de emulsión para el diseño de mezcla de agregado frío.

Tabla 5.- Requerimientos establecidos por el manual de Carreteras (especificaciones Técnicas)

		ENSAYO	REQUERIMIENTO								
			Bajo Transito			Transito Medio			Alto transito		
			Agr. Grueso	Agr. Fino	Grad. Comb.	Agr. Grueso	Agr. Fino	Grad. Comb.	Agr. Grueso	Agr. Fino	Grad. Comb.
Desgaste de Los Ángeles		MTC E 207	25% Max. (rodadura) 35% Max. (intermedia)	-	-	-	25% Max. (rodadura) 35% Max. intermedia y base)	-	-	25% Max. (rodadura) 35% Max. (intermedia y base)	
Desgaste Micro-Deval		ASTM D 7428	-	-	-	-	25% Max. (rodadura) 35% Max. (intermedia y base)	-	-	25% Max. (rodadura) 35% Max. (intermedia y base)	
10% de Finos (KN)	Seco	-	-	-	-	-	-	-	-	110 min (rodadura) 90 min (intermedia) 75 min (base)	
	Relación Húmedo/seco		-	-	-	-	-	-	-	75% min	
Equivalente de Arena	Sulfato de Sodio	MTC E 209	12 % max	12% max	-	12 % max	12 % max		12 % max	12 % max	
	Sulfato de magnesio		18 % máx.	18% máx.	-	18 % máx.	18 % máx.		18 % máx.	18 % máx.	
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1 cara / 2 caras		MTC E 210	75/- (rodadura) 60/- (intermedia)	-	-	75/60 (rodadura) 75/- (intermedia)	-	-	85/70 (rodadura) 75/- (intermedia) 60/- (base)	-	

Fuente: Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013).

Tabla 6.- Resultados obtenidos a los agregados pétreo Gruesos

ENSAYO	ESPECIFICACION TECNICA (Manual de Especificaciones Generales para la Construcción)					RESULTADO CANTERA RIO SECO	CUMPLE
	MS - 14	Sieca	Illinois	EG - 2000			
				< 3000 m.s.n.m.	> 3000 m.s.n.m		
Gravedad Especifica y Absorción (E 206)	-	-	-	1 %	Según Diseño	2.70 gr/cm <sup>3</sup> 0.85 %	SI
Abrasión de los Ángeles (E 203)	40% máx.	40% máx.	40% máx.	40% máx.	45% máx.	24.46 %	SI
Caras Fracturadas (E 210)	-	-	-	75% min.	65% min.	95 %	SI
Partículas Chatas y Aligeradas (E 221)	-	-	-	40% máx.	40% máx.	25 %	SI
Adherencia agregado Bitumen (E 517)	-	-	-	+ 95	+ 95	100 %	SI

Fuente: Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013).

#### 4.4. Resultados obtenidos a los ensayos técnicos realizados a los agregados pétreos finos

Los agregados pétreos finos se extrajeron de la cantera de Rio Seco ubicada en la localidad del distrito de San Lorenzo, dicho material fue sometido a los diferentes ensayos para evaluar la caracterización de las propiedades físico-mecánicas del polvillo de roca empleado en el diseño de la mezcla asfáltica en frio, las especificaciones técnicas establecidas en el Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013)

##### 4.4.1. (MTC E 205 - 2000 / ASTM C 128). Ensayo gravedad específica y absorción de agregados finos

El polvillo de roca fue lavada y limpiada de impurezas para luego ser seca a temperatura normal calculando con la mejor humedad para la trabajabilidad del agregado fino para proceder a pesar la muestra empleada y obteniendo así la absorción del agregado fino.

*Fotografía 5.- Ensayo gravedad específica y absorción de agregados finos*



Fuente: Propia.

#### **4.4.2. (MTC E 202-2000 / ASTM C 127) Ensayo del material fino pasante del tamiz N°200**

Se lavó el polvillo de roca (agregado fino) en el tamiz N°200 para poder limpiar de las impurezas y poder calcular lo pasante del tamiz N°200 restándole el valor inicial obteniendo así el material pasante.

*Fotografía 6.- ) Ensayo del material fino pasante del tamiz N°200*



Fuente: Propia.

#### **4.4.3. (MTC E 110, MTC E 111 - 2000 / ASTM D 4318) Ensayo determinación del Límite Líquido y Limite Plástico**

Este ensayo nos permite calcular los límites elásticos y plásticos de los suelos evaluados, dicho ensayo consiste en someter a la muestra a incorporaciones de agua en ciertos porcentajes para el cálculo de los límites de Atterberg.

#### **4.4.4. (MTC E 203-2000 / ASTM C29) Ensayo de peso unitario y vacío del agregado fino**

Se colocó el agregado fino (Polvillo de roca) en un recipiente con un volumen conocido para luego ser colocado en 3 capas de 25 golpes cada capa con una varilla lisa y luego ser enrasada para luego ser pesada así se obtuvo un peso específico del agregado fino de  $2.57 \text{ kg/cm}^3$ .

*Fotografía 7.- Ensayo de peso unitario y vacío del agregado fino*



Fuente: Propia.

#### **4.4.5. (MTC E114 - 2000 / ASTM D 2419) Ensayo de Equivalente de arena, suelos y agregados finos.**

Este ensayo nos permitió obtener y calcular el porcentaje de polvo fino y el material arcilloso presente en el agregado fino (Polvillo de roca), se tomó el

polvillo de roca y se colocó en una probeta en posición horizontal y fue sometido a movimientos por un tiempo prolongado de 10 a 20 minutos para luego ser visualizado el material no perteneciente al agregado fino (polvillo de roca).

De los resultados obtenidos se hace una tabla que como los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2013), así como los parámetros de requerimientos mínimos que tiene que cumplir los materiales pétreos empleados en el diseño de una mezcla asfáltica en frío estipulado en el Manual del Instituto de Asfalto (MS – 14), a través de los diferentes métodos para el diseño de una mezcla asfáltica en frío.

Tabla 7.- Requerimientos establecidos por el manual de Carreteras agregado fino (especificaciones Técnicas)

	ENSAYO	REQUERIMIENTO								
		Bajo Transito			Transito Medio			Alto transito		
		Agr. Grueso	Agr. Fino	Grad. Comb.	Agr. Grueso	Agr. Fino	Grad. Comb.	Agr. Grueso	Agr. Fino	Grad. Comb.
Angularidad (Agregado Fino)	ASTM D 1252	-	40% min (rodadura) 35% min (intermedia)	-	-	45% min (rodadura) 40% min (intermedia) 35% min (base)	-	-	45% min (rodadura) 40% min (intermedia) 35% (Base)	-
Coefficiente de pulimento acelerado	UNE 146130	0.45 min (rodadura)	-	-	0.45 min (rodadura)	-	-	0.45 min (rodadura)	-	-
Partículas planas y alargadas	MTC E 221	10% max.	-	-	10% max.	--	-	10% max.	-	-
I.P.	MTC E 111	-	-	N. P	-	-	N. P	-	-	N. P
Equivalente de Arena	MTC E 114	-	-	50 % min.	-	-	50 % min.	-	-	50 % min.
Contenido de Impurezas (Agregado Grueso)	UNE 14615	0.5% max.	-	-	0.5% max.	-	-	0.5% max.	-	-
Adhesividad Resistencia conservada inm-comp	-	-	-	75% min	-	-	75% min	-	-	75 % min

Fuente: Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013)

Tabla 8.- Resultados obtenidos a los agregados pétreo Fino

ENSAYO	ESPECIFICACION TECNICA (Manual de Especificaciones Generales para la Construcción)					RESULTADO CANTERA RIO SECO	CUMPLE
	MS - 14	Sieca	Illinois	EG - 2000			
				< 3000 m.s.n.m.	> 3000 m.s.n.m		
Límite Líquido (MTC E 110)	-	-	-	-	-	NP	SI
Índice de Plasticidad (MTC E 111)	-	-	-	4% Max.	NP	NP	SI
Equivalente de Arena (MTC E 114)	35% min.	35% min.	25% min.	45 min - 55 max.	45 min - 55 max.	54.70 %	SI
Gravedad Específica y Absorción (MTC E 205)	-	-	-	0.5%	Según Diseño	2.59 gr/cm <sup>3</sup> 1.63 %	SI

Fuente: Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013).

#### 4.5. Combinación de Agregados Pétreos.

##### 4.5.1. (MTC E 204 - 2000 / ASTM D3415) Ensayo Análisis Granulométrico.

A la combinación del agregado grueso (piedra chancada) y el agregado fino (polvillo de roca) se estipuló unos porcentajes de incidencia en el diseño de una mezcla asfáltica en frío, con dicha intervención porcentual del agregado grueso en un 40 % de grado incidencia y en un 60% de grado de incidencia para el agregado fino obteniendo así una combinación granulométrica de agregados dentro de los parámetros establecidos obteniendo así un cuadro porcentual de la combinación.

Se presenta también un cuadro con las gradaciones establecidas para el diseño de mezclas asfálticas en frío, clasificando nuestro diseño de mezcla para un MDF-3 (Mezcla Densa Fría Tipo 3) y a esta clasificación se relaciona con el grado de serviciabilidad del pavimento flexible, ya que presenta para una alta densidad vehicular un espesor de pavimento de 2" y compactada a 75 golpes por ambas caras.

Tabla 9.- Gradaciones Para Mezclas Densas En Frio

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MDF-1	MDF-2	MDF-3
7,5 mm	1 ½"	100	-	-
25,0 mm	1"	80-95	100	-
19,0 mm	¾"	-	80-95	100
12,5 mm	½"	62-77	-	-
9,5 mm	3/8"	-	60-75	-
4,75 mm	N° 4	45-60	47-62	50-65
2,36 mm	N° 8	35-50	35-50	35-50
300 μm	N° 50	13-23	13-23	13-23
75 μm	N° 200	3-8	3-8	3-8

Fuente: Manual de especificaciones técnicas para construcción EG-2013

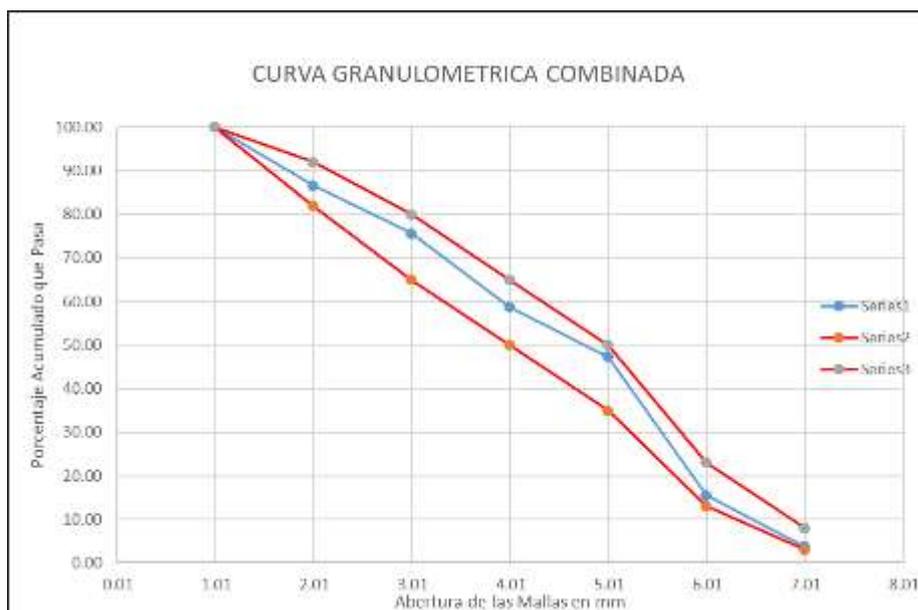
Tabla 10.- Combinación de Agregados ASTM – D3415

COMBINACION DE AGREGADOS ASTM – D3416					
N° MALLA	GRAVILLA CHANCADA	ARENA CHANCADA	TOTAL	MDF-3	
	40	60	100	LIM INF	LIM SUP
¾"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
½"	66.61	100.00	86.64	-	-
3/8"	39.12	100.00	75.65	-	-
N° 4	3.05	95.92	58.77	50.00	65.00
N° 8	0.65	78.50	47.36	35.00	50.00
N° 50	0.26	25.55	15.43	13.00	23.00
N° 200	0.04	6.17	3.72	3.00	8.00

Fuente: Certificados CISAC S.A – Rio Seco San Lorenzo

En la cual se obtuvo la siguiente grafica granulométrica donde se observa los parámetros establecidos para un MDF 3 la cual especifica un espesor de pavimento flexible para 40 mm a 50 mm.

Ilustración 1.- Curva Granulométrica Combinada



Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

#### 4.6. Resultados obtenidos a la emulsión de rotura lenta CSS-1H.

##### 4.6.1. (MTC E 401 - 2000) Ensayo destilación de emulsiones asfálticas

A la emulsión de rotura lenta se procedió a calcular el porcentaje óptimo de residuo asfáltico presente en la emulsión es por ello que se colocó tres taras con pesos variados de emulsión y se colocó al horno por un tiempo prolongado de 20 minutos a una temperatura de 260° C, para poder obtener el residuo asfáltico presente en la emulsión de rotura lenta obteniendo un promedio de los resultados de 39.5% de agua presente en la emulsión de rotura lenta.

Fotografía 8.- Ensayo destilación de emulsiones asfálticas



#### **4.6.2. (MTC E 302- 2000) Ensayo solubilidad de materiales asfálticos**

Se colocó la emulsión de rotura lenta tipo CSS-1H en papeles filtros pesados inicialmente y luego fueron 2 gramos de emulsión en cada papel filtro, luego se dejó en un ambiente a temperatura normal para ser pesado y proceder a un cálculo de la solubilidad de la emulsión.

*Fotografía 9.- Ensayo solubilidad de materiales asfálticos*



#### **4.6.3. (MTC E 306 - 2000) Ensayo ductilidad del material bituminoso**

Se observó la adherencia con los agregados pétreos para luego hacer una muestra que fue sometida a la tracción (Ensayo de Marshall), para poder obtener un mejor análisis de adherencia y el comportamiento aleatorio con los agregados pétreos en proporción a la combinación de agregados.

*Fotografía 10.- Ensayo ductilidad del material bituminoso*



#### **4.6.4. (MTC E 403 - 2000) Ensayo de viscosidad Saybolt de emulsiones asfálticas**

Para la realización de este ensayo se colocó la emulsión a una temperatura que oscilaba entre los 25°C a 50°C observando que la emulsión no presente ninguna rotura ni separación con el agua, para la realización de este ensayo utilizamos el viscosímetro de Saybolt Furol, para este ensayo nos permitió determinar las características de fluidez de la emulsión de rotura lenta tipo CSS-1H.

#### **4.6.5. (MTC E 409 - 2000) Ensayo de cubrimiento y resistencia al desplazamiento por el agua de las emulsiones asfálticas**

Este ensayo nos permitió poder determinar el comportamiento con el agregado fino y el agregado grueso, observando así la trabajabilidad de la mezcla asfáltica en frío, para luego incorporar el porcentaje de agua obtenido según los cálculos establecidos para el diseño de esta mezcla es por ello que, para poder obtener el mejor comportamiento entre los agregados, la emulsión y el agua, para poder determinar un porcentaje idóneo de la emulsión.

*Fotografía 11.- Ensayo de cubrimiento y resistencia al desplazamiento*



Fuente: Propia.

Con estos ensayos realizados a la emulsión asfálticas CATIONICAS de rotura lenta tipo (CSS-1H), evaluada con los ensayos para la caracterización de la

emulsión para la obtención de sus propiedades físicas y mecánicas. Se presenta un cuadro comparativo con los resultados obtenidos en la realización de los ensayos.

El producto utilizado para el tipo de Emulsión Catiónica de rotura lenta del tipo CSS – 1H se adquirió de la empresa BITUPER S.A.C.

*Tabla 11.- Ensayos y resultados de las especificaciones técnicas de la Emulsión*

<b>ENSAYOS SOBRE LA EMULSION</b>	<b>METODO</b>	<b>UND.</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICACION TECNICA</b>
Ensayo de viscosidad Saybolt	ASTM D 244-00	Ssf.	38	<b>20-100</b>
Ensayo destilación de emulsiones asfálticas	ASTM D 244-00	%	0.6	<b>Max. 1</b>
Residuo en la evaporación	ASTM D 244-00	%	60.5	<b>Min 57</b>
Prueba del Tamiz	ASTM D 244-00	%	0	<b>Max 0.1</b>
Carga Particular	ASTM D 244-00	%	+	<b>Catiónica</b>

Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

*Tabla 12.- Ensayos y condiciones de las especificaciones técnicas de la Emulsión*

<b>ENSAYOS SOBRE LA EMULSION</b>	<b>METODO</b>	<b>CSS-1H</b>	<b>ESPECIFICACION TECNICA</b>	<b>CONDICION</b>
Ensayo de viscosidad Saybolt	ASTM D 244-00	38	<b>20-100</b>	<b>Cumple</b>
Ensayo destilación de emulsiones asfálticas	ASTM D 244-00	0.6	<b>Max. 1</b>	<b>Cumple</b>
Residuo en la evaporación	ASTM D 244-00	60.5	<b>Min 57</b>	<b>Cumple</b>
Prueba del Tamiz	ASTM D 244-00	0	<b>Max 0.1</b>	<b>Cumple</b>
Carga Particular	ASTM D 244-00	+	<b>Catiónica</b>	<b>Cumple</b>

Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

Cuadro comparativo donde se estipula el tipo de ensayo, la unidad de medida, el resultado obtenido y la especificación técnica mínima estipulada en el Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013) evaluada en la presente investigación.

*Tabla 13.- Ensayos al residuo asfáltico de la emulsión*

<b>ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO ASFALTICO</b>	<b>METODO</b>	<b>UND.</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICACION TECNICA</b>
Ensayo de Penetración	ASTM D 5	dmm.	85	<b>40-90</b>
Ensayo de ductilidad	ASTM D 113	cm	76	<b>Min 40</b>

Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

*Tabla 14.- Ensayos y condición del residuo asfáltico de la emulsión*

<b>ENSAYOS SOBRE LA EMULSION</b>	<b>METODO</b>	<b>CSS-1H</b>	<b>ESPECIFICACION TECNICA</b>	<b>CONDICION</b>
Ensayo de Penetración	ASTM D 5	87	<b>40-90</b>	<b>Cumple</b>
Ensayo de ductilidad	ASTM D 113	75	<b>Min 40</b>	<b>Cumple</b>

Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

#### **4.7. Caracterización de Relleno Mineral (Cemento Portland Tipo I)**

El estudio general de ensayos a realizar al relleno mineral nos permite determinar las características principales, logrando así poder los estándares establecidos en el Manual de Ensayos de Materiales, controlando sus diferentes parámetros para el cual será empleado.

##### **4.7.1. Ensayo de análisis Granulométrico del Relleno Mineral (MTC E 216 - 2000)**

La granulometría del relleno mineral (Cemento Portland tipo I) se extrae una muestra seca, dicha muestra es colocada en una vasija para ser tamizada por los tamices de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200), 300  $\mu\text{m}$  (N° 50), y 600  $\mu\text{m}$  (N° 30), determinando

así la gradación del relleno mineral, luego hacer una gradación estándar del material utilizado para su posterior empleo.

*Tabla 15.- Granulometría al relleno mineral*

CEMENTO PORTLAND (Andino Tipo I)		
MALLA	RETIENE %	PASA %
N°30	-	-
N°50	-	100
N°200	0.6	99.4
< N°200	99.4	-

Fuente: Propia.

*Fotografía 12.- Ensayo de análisis Granulométrico del Relleno Mineral*



#### **4.7.1. Gravedad específica y absorción de agregados finos (MTC E 205 - 2000)**

El relleno mineral (cimento portland Tipo I) analizado tiene que cumplir los estándares establecidos para obteniendo un peso específico para este relleno mineral de 3.15 ya que el uso de este cemento presenta una adherencia más completa con los agregados empleados.

*Tabla 16.- Peso Especifico del cemento Portland*

ENSAYO	CEMENTO PORTLAND
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	3.15

**4.8. Presentación de resultados obtenidos en los ensayos realizados a la mezcla asfáltica en frío.**

**4.8.1. Cálculo de porcentaje optimo del Contenido de asfalto residual Tentativo (Método Marshall Modificado)**

Con el ensayo de optimo contenido asfáltico calculado mediante la fórmula de Método Marshall Modificado donde los valores empleados en la formula son en relación al agregado fino (roca triturada) donde se utiliza los tamices N° 10, N° 200 y el grado de absorción de los agregados gruesos, reemplazando en la formula y obteniendo la cantidad de emulsión requerida para el mejor comportamiento con los agregados.

a: % retenido en el tamiz N°10.

b: % que pasa el tamiz N°10 y retiene el tamiz N° 200.

c: % que pasa el tamiz N°200.

k: si él % que pasa el tamiz N°200 está entre 10 y 15% es 0.20.

k: si él % que pasa el tamiz N°200 está entre 5 y 10% es 0.18.

k: si él % que pasa el tamiz N~OO es menos del 5% es 0.15.

K: depende de la absorción del agregado, máximo 2.

*Tabla 17.- Calculo del porcentaje de residuo asfaltico. Tipo CSS -1H (Método Marshall Modificado).*

<b>CALCULO DEL PORCENTAJE DE RESIDUO ASFALTICO. TIPO CSS -1H (MÉTODO MARSHALL MODIFICADO).</b>		
$RA = 0.032a + 0.045b + kc + K$		<b>PORCENTAJE TENTATIVO DE EMULSION ASFALTICA TIPO CSS-1H ES 9,55%</b>
a	32.64	
b	58.30	
c	3.06	
k	0.20	
K	1.50	

RESIDUO ASFALTICO	5.78%	60.50%
AGUA	3.77%	39.50%

Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

#### 4.8.1. Ensayo Visual de recubrimiento.

Con la selección optima del porcentaje de residuo asfaltico, con la mejor combinación granulométrica de los agregados pétreos se empezó a realizar briquetas con diferentes porcentajes de agua añadida a la mezcla asfáltica con porcentajes de 5%, 6%, 7%, 8%, 9% obteniendo valores para la estabilidad, obteniendo un mejor comportamiento con un porcentaje de agua añadida en un 6% presentando una estabilidad de 810 kg.

Tabla 18.- Mezcla Asfáltica En Frio Con Emulsión CSS – 1H

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO CON EMULSIÓN CSS – 1H	N° de Muestra	Agua	Emulsión	Recubrimiento	Tiempo	Estabilidad	Norma	Cumple
	1	5 %	9.55%	NT	30 min.	610 kg	100%	No
	2	6 %	9.55%	100%	40 min.	810 kg	100%	SI
	3	7 %	9.55%	70%	60 min.	790 kg	100%	No
	4	8 %	9.55%	SAT	20 min.	750 kg	100%	No
	5	9 %	9.55%	SAT	10 min.	650 kg	100%	No

Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

Fotografía 13.+Ensayo Visual de recubrimiento



Tabla 19.- Ensayo Visual De Recubrimiento De Partículas

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO CON EMULSIÓN CSS – 1H	ENSAYO VISUAL DE RECUBRIMIENTO DE PARTICULAS								
	N° de Muestra	Capa	Agua	Emulsión	Recubrimiento	Tiempo	Estabilidad	Norma	Cumple
	1	Carp. Asfáltica	5 %	9.55%	NT	30 min.	610 kg	100%	No
	2	Carp. Asfáltica	6 %	9.55%	100%	40 min.	810 kg	100%	SI
	3	Carp. Asfáltica	7 %	9.55%	70%	60 min.	790 kg	100%	No
	4	Carp. Asfáltica	8 %	9.55%	SAT	20 min.	750 kg	100%	No
	5	Carp. Asfáltica	9 %	9.55%	SAT	10 min.	650 kg	100%	No

Fuente: Certificados CISAC S.A – Rio Seco San Lorenzo

En la presentas tablas se puede observar los resultados obtenidos en el ensayo del recubrimiento de la muestra con la emulsión y con la incorporación de agua.

#### 4.8.2. Diseño en la mezcla asfáltica en frio con emulsión tipo CSS-1H – Marshall Modificado – Método Illinois (MDF-3).

Se realizó los diferentes en estudios a los agregados, emulsión y el agua para poder obtener diferentes variaciones con incorporaciones de emulsión, desde el

5.00%, 5.25 %, 5.55%, 5.75% y 6.00% de emulsión a un 40 % de agregado grueso, 60% de agregado fino obteniendo los diferentes valores en relación a las diferentes propiedades, fueron sometidas para un análisis de densidad vehicular pesado para una mezcla asfáltica tipo 3 (MDF-3) y un espesor de carpeta de 50 mm (2” pulgadas)

Tabla 20.- Control De Residuo Asfáltico Para 75 Golpes Emulsión Tipo CSS-1H

<b>CONTROL DE RESIDUO ASFÁLTICO PARA 75 GOLPES EMULSION TIPO CSS-1H</b>						
Residuo asfáltico	5.00	5.25	5.55	5.75	6.00	%
Densidad Bulk Seca	2.190	2.180	2.175	2.163	2.134	kg/cm <sup>3</sup>
Estabilidad seca	1012.3	991.5	941.2	911.7	925.0	kg
Estabilidad Húmeda	686.4	698.5	712.4	676.7	640.0	kg
Flujo (0.01 Pulg.)	13.00	15.00	15.00	18.00	20.00	%
Vacíos totales	10.60	9.70	10.30	11.00	11.10	%
Cambios de estabilidad	32.20	29.50	24.30	25.80	30.80	%
Humedad absorbida	4.30	3.80	3.20	3.20	3.60	%
Contenido de agua	3.26	3.43	3.62	3.75	3.92	%
Estabilidad	895.0	810.5	1025.0	985.0	695.0	kg

Fuente: Bachiller Ames Mejía Hivo Fredie

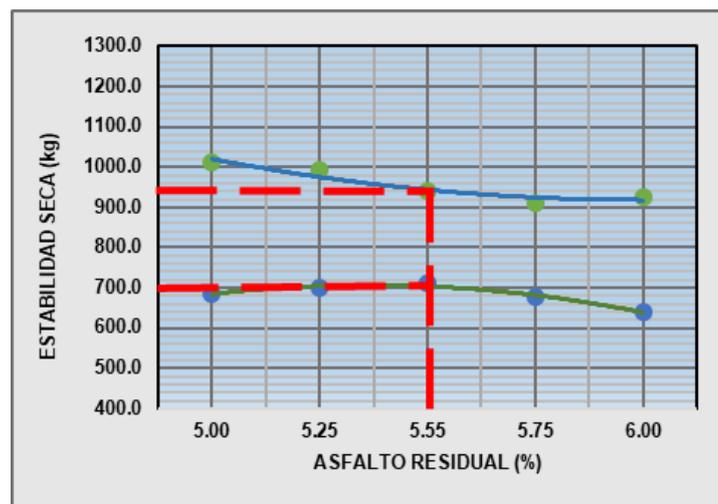
Fotografía 14.- Marshall Modificado – Método Illinois (MDF-3)



Ante los resultados obtenidos y observando un mejor comportamiento de la emulsión, los agregados pétreos, el agua, para una alta densidad vehicular, una gradación de la mezcla asfáltica tipo para un espesor de 50 mm (2" pulgadas) el tipo de emulsión de rotura lenta es de tipo CSS-1H.

El mejor resultado obtenido se refiere para una incorporación de residuo asfáltico de 5.5% y una incorporación de 3.62%, con agua añadida en mezcla en un 2.38% y con un grado de incidencia del agregado fino y el agregado grueso de 40 % para la piedra chancada y un 60 % del polvillo de roca, obteniendo así el mejor comportamiento en relación a las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica fría.

*Ilustración 2.- Estabilidad seca vs Asfalto Residual*



Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.8.3. Diseño en la mezcla asfáltica en frío con emulsión tipo CSS-1H con incorporación de relleno mineral (Cemento Tipo I)– Marshall Modificado – Método Illinois (MDF-3).**

Los pavimentos flexibles diseñados con mezclas asfálticas frías presentan un gran deficiencia en relación a su comportamiento húmedo de la mezcla asfáltica, es por ello que ante esta necesidad de poder implantar un barrera de protección

que pueda alzar la estabilidad húmeda, y que pueda tener un rango elástico para poder asumir las cargas vehicular sin presentar fisuras se asume que con la incorporación de relleno mineral en 0.25%, 0.50%, 0.80%, 1% y 1.25% vemos un análisis en relación a sus propiedades para poder obtener los diferentes parámetros establecidos encontrando así un análisis más enfático en relación a los cambios de estabilidad.

*Fotografía 15.- Diseño en la mezcla asfáltica en frio con emulsión tipo CSS-1H con incorporación de relleno mineral*



Fuente: Elaboración Propia.

Dicho diseño de mezcla se planteó con el óptimo contenido de residuo asfáltico (5.55%), agua en mezcla de (3.62%), agua en compactación (2.38 %), agregado grueso con en un (60%) y el agregado fino en un (40%) para las incorporaciones ya mencionadas del relleno mineral. Para una densidad vehicular alta, una gradación de mezcla densa en frio tipo – 3 y un espesor de pavimento de 50 mm (2” pulgadas).

Tabla 21.- Control De Relleno Mineral Incorporado A La Emulsión Tipo CSS-1H

<b>CONTROL DE RELLENO MINERAL INCORPORADO A LA EMULSION TIPO CSS-1H</b>						
Relleno mineral	0.25	0.50	0.80	1.00	1.25	%
Densidad Bulk Seca	2.183	2.167	2.161	2.161	2.166	kg/cm <sup>3</sup>
Estabilidad seca	1045.2	1067.7	1081.7	1095.0	1110.0	kg
Estabilidad Húmeda	802.5	826.8	816.4	881.7	931.7	kg
Flujo (0.01 Pulg.)	16.00	16.00	15.00	14.00	12.00	%
Vacíos totales	10.10	9.50	10.10	9.80	10.70	%
Cambios de estabilidad	23.20	22.60	24.50	19.50	16.10	%
Humedad absorbida	3.20	3.80	3.20	3.20	3.60	%
Contenido de agua	3.26	2.20	3.00	3.00	3.20	%
Estabilidad	1065.0	1085.0	1100.0	1150.0	1120.1	kg

Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

Ante los resultados obtenidos y observando un mejor comportamiento de la emulsión, los agregados pétreos, el agua, para una alta densidad vehicular, una gradación de la mezcla asfáltica tipo, para un espesor de 50 mm (2” pulgadas) el tipo de emulsión de rotura lenta es de tipo CSS-1H.

Fotografía 16.- Ensayo Cántabro a diseño de mezcla asfáltica con relleno mineral

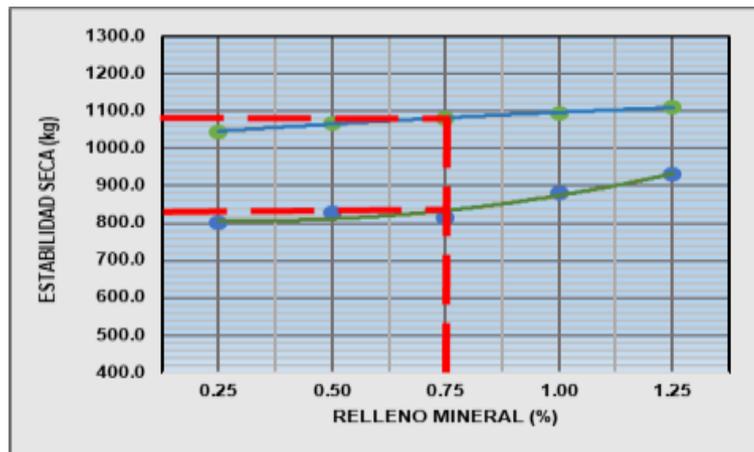


Fuente: Elaboración Propia.

Con las pruebas realizadas se obtuvo un mejor comportamiento tanto para la estabilidad seca, como la estabilidad húmeda para un porcentaje de relleno mineral (cemento tipo I) de 0.80 %, logrando así mantener un rango elástico permisible para la densidad vehicular.

En la gráfica se puede observar que al colocar el porcentaje de relleno mineral en un 0.80% el cambio de estabilidad (la diferencia entre la estabilidad seca y la estabilidad húmeda) obteniendo un valor de 24.50 kg ya que dicho valor nos presenta un aumento en las propiedades en relación a la estabilidad y reduciendo dentro los parámetros el flujo.

*Ilustración 3.- Estabilidad Seca vs Relleno Mineral*



*Fotografía 17.- Briquetas desarrolladas en análisis de la investigación*



Fuente: Elaboración Propia.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Contrastación de Prueba de Hipótesis.

##### 5.1.1. Prueba de Hipótesis - General.

Con la problemática planteada: ¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral en la resistencia mecánica, al incorporarse a una mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018 ? se realizaron los siguientes cuadros representativos a través del método de regresión simple se realizó un análisis más enfático en relación al comportamiento de la mezcla asfáltica en frío con incorporación de relleno mineral para una alta resistencia mecánica, la emulsión empleada fue de rotura lenta tipo CSS-1H, los agregados empleados fueron de la cantera de Rio Seco – San Lorenzo a fin de poder evidenciar mejor las propiedades con las diferencias cambios de estabilidad a la incorporación de relleno mineral en diferentes porcentajes.

Tabla 22.- Emulsión del tipo CSS-1H ante deformaciones permanentes

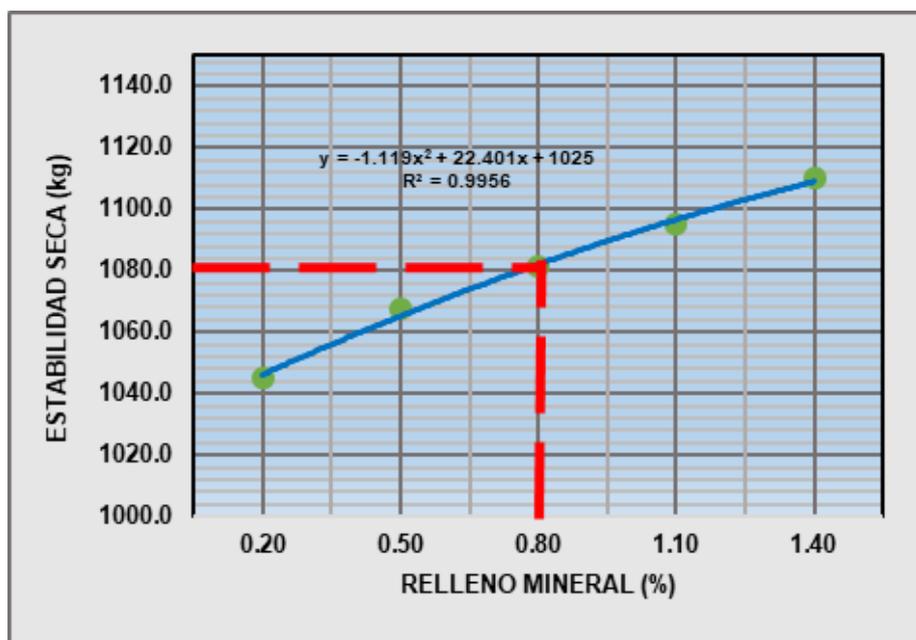
DISEÑO MEZCLA ASFALTICA	PORCENTAJE DE RELLENO MINERAL	RESULTADOS		
		ESTABILIDAD (KN)	FLUJO (mm)	INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)
	0.25 %	10.45	4.06	2,215.2

EMULSION TIPO CSS – 1H	0.50%	10.67	4.06	2,276.1
	0.80%	10.82	3.81	2,458.5
	1.00%	10.95	3.56	2,658.1
	1.25%	11.10	3.05	2,789.6

Fuente: Certificados CISAC S.A – Rio Seco San Lorenzo

En la presente grafica podemos observar el porcentaje óptimo de relleno mineral vs la estabilidad seca donde se puede observar el aumento en las propiedades para solicitaciones de deformaciones permanentes, el grado de correlación es de 0.9956, presentando así un alto grado de correlación.

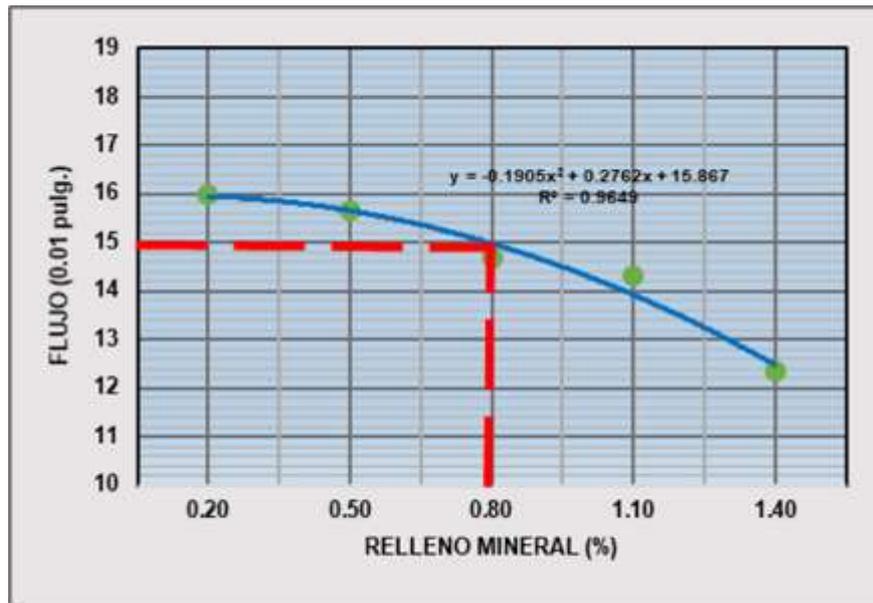
Ilustración 4.- Línea de tendencia del Flujo para la emulsión CSS-1H



Fuente: Certificados CISAC S.A – Rio Seco San Lorenzo

En la siguiente grafica representada por el porcentaje de relleno mineral vs el flujo que representa las deformaciones permanentes con la cual se puede evidenciar como se genera una gráfica en relación al flujo de la mezcla asfáltica en frio.

Tabla 23.- Emulsión del tipo CSS-1H ante deformaciones permanentes



Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

En la siguiente grafica se evidencia como la incorporación de la emulsión tipo CSS-1H de rotura lenta mejora las propiedades de deformación y rigidez ante las deformaciones permanentes del asfalto en frio, la gráfica representativa nos muestra un grado de correlación de 0.9163, ya que con las definiciones mencionadas posee un alto grado de correlación.

Con el análisis y la evaluación correspondiente a los cuadros representados se determina un sustento viable a lo siguiente:

**Hipótesis General:** La incorporación de relleno mineral incrementa la resistencia mecánica. mejora así las propiedades de deformación y rigidez, lo que se puede apreciar en las gráficas, al haberse mejorado las propiedades de deformación y rigidez, presentando un grado de correlación de 96.49% en cuanto a la incorporación de relleno mineral.

Entonces se determina que existe evidencia técnica y estadística para poder afirmar que la incorporación de relleno mineral mejora las propiedades de deformación y rigidez de la mezcla asfáltica en frío, al determinar que el grado de correlación de lo mencionado anteriormente se determina en un 96.49% de la emulsión tipo CSS-1H.

### 5.1.2. Prueba de Hipótesis - Específicas.

#### HIPOTESIS ESPECIFICA (A)

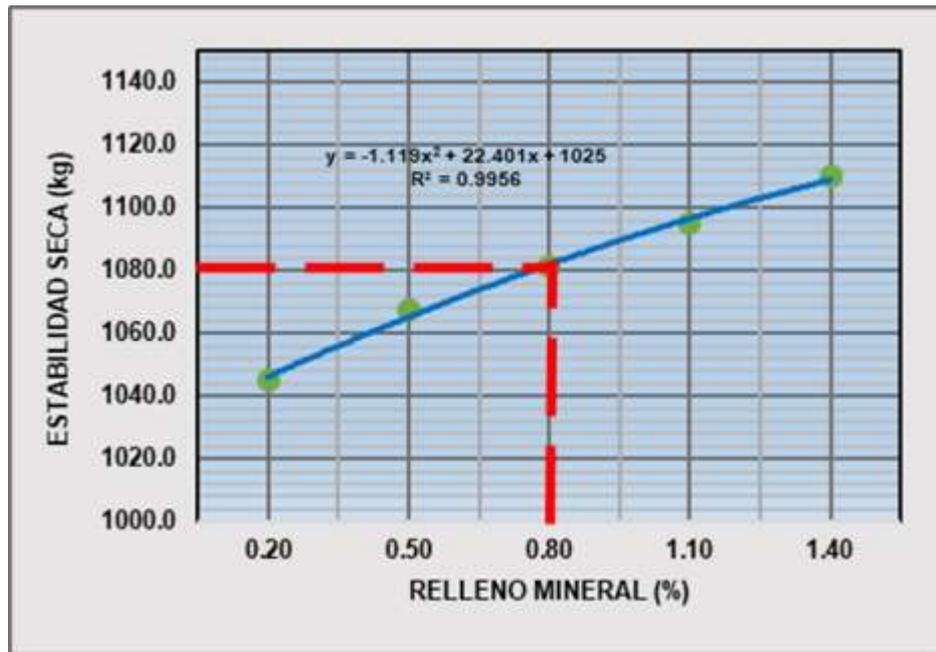
Con la problemática planteada: **¿De qué manera la incorporación de relleno mineral influye en la estabilidad seca de la mezcla asfáltica en frío para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?**, se plantea el siguiente cuadro procesado estadísticamente por el método de regresión simple, donde se puede evidenciar como interviene el relleno mineral (Cemento Tipo I) en relación a la estabilidad seca de la mezcla asfáltica en frío.

Tabla 24.- Interviene el relleno mineral (Cemento Tipo I) en relación a la estabilidad seca

DISEÑO MEZCLA ASFALTICA	DISEÑO OPTIMO SIN RELLENO MINERAL ESTABILIDAD (KN)	PORCENTAJE DE RELLENO MINERAL	RESULTADOS
			ESTABILIDAD (KN)
EMULSION TIPO CSS – 1H	9.41	0.25 %	10.45
		0.50%	10.67
		0.80%	10.82
		1.00%	10.95
		1.25%	11.10

Fuente: Certificados CISAC S.A – Rio Seco San Lorenzo

Ilustración 5.- Estabilidad seca vs Relleno Mineral



Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

En la siguiente grafica se evidencia como se relaciona la incorporación del relleno mineral en las propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica en frio diseñada con la emulsión tipo CSS-1H de rotura lenta para aumentar la estabilidad seca y lograrse una alta resistencia mecánica, ya que se mantiene una gradación según Norma de MDF -3 para superficies de rodadura critica con un espesor de carpeta de 50 mm de (2" pulgadas) teniendo así la gráfica representativa nos muestra un grado de correlación de 0.9956, ya que con las definiciones mencionadas posee un alto grado de correlación.

Del análisis y procesamiento estadístico que se determinó en el cuadro un sustento técnico:

**Hipótesis Especifica (A):** Al incorporarse un relleno mineral se aumenta la estabilidad seca para una alta resistencia mecánica en la mezcla asfáltica en frio, Huancayo 2018. Teniéndose así la gráfica representativa nos muestra un grado de correlación de 0.9956.

## HIPOTESIS ESPECIFICA (B)

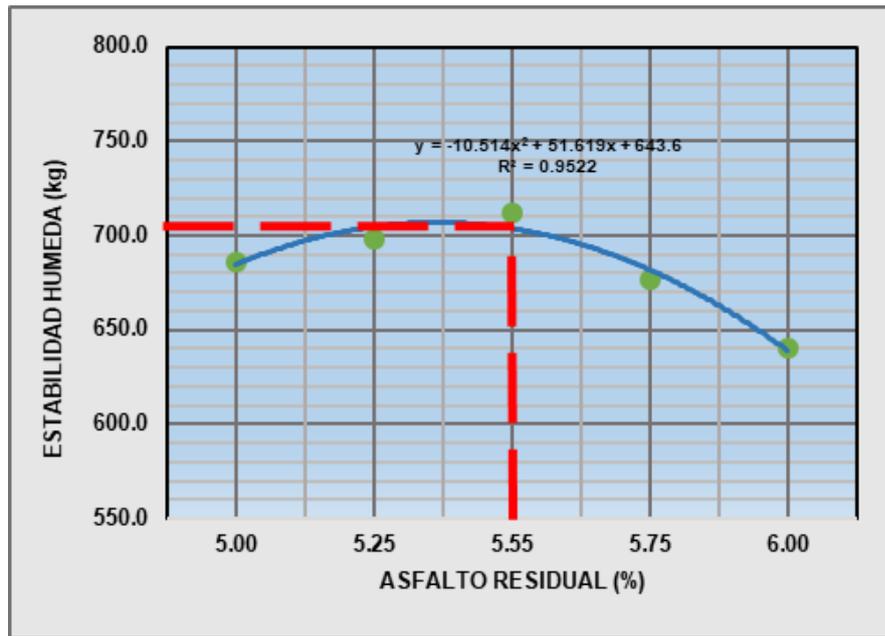
Con la problemática planteada: **¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral en la estabilidad húmeda de la mezcla asfáltica en frío para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?** se plantea un cuadro estadísticamente procesado por el método de regresión simple, para los diferentes porcentajes de relleno mineral vs los diferentes resultados de la estabilidad húmeda a fin de poder evidenciar como influye el tipo de emulsión de rotura lenta y el porcentaje de relleno mineral en relación a la al comportamiento de la mezcla asfáltica en frío.

Tabla 25.- Porcentaje de relleno mineral en relación a la al comportamiento de la mezcla asfáltica en frío

DISEÑO MEZCLA ASFALTICA	DISEÑO OPTIMO SIN RELLENO MINERAL ESTABILIDAD HUMEDA (KN)	PORCENTAJE DE RELLENO MINERAL	RESULTADOS
			ESTABILIDAD HUMEDA (KN)
EMULSION TIPO CSS – 1H	7.12	0.25 %	8.03
		0.50%	8.27
		0.80%	8.17
		1.00%	8.82
		1.25%	9.32

Fuente: Certificados CISAC S.A – Rio Seco San Lorenzo

Ilustración 6.- Estabilidad Húmeda vs Asfalto residual



Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

En la siguiente grafica se evidencia como la incorporación del relleno mineral con emulsión tipo CSS-1H de rotura lenta se aumenta la estabilidad húmeda, obteniendo así la gráfica representativa nos muestra un grado de correlación de 0.9522, ya que con las definiciones mencionadas posee un alto grado de correlación.

Del análisis y procesamiento estadístico que se determinó en el cuadro y el grafico mostrado se determina en un sustento técnico lo siguiente:

**Hipótesis Específica (B):** Incorporando un relleno mineral se aumenta la estabilidad húmeda para un desempeño de alta resistencia mecánica, en la mezcla asfáltica en frío. Huancayo 2018, con lo que se corrobora que para la emulsión de tipo CSS-1H con incorporación de relleno mineral se obtiene un grado de correlación de 95.22 %.

### HIPOTESIS ESPECIFICA (C)

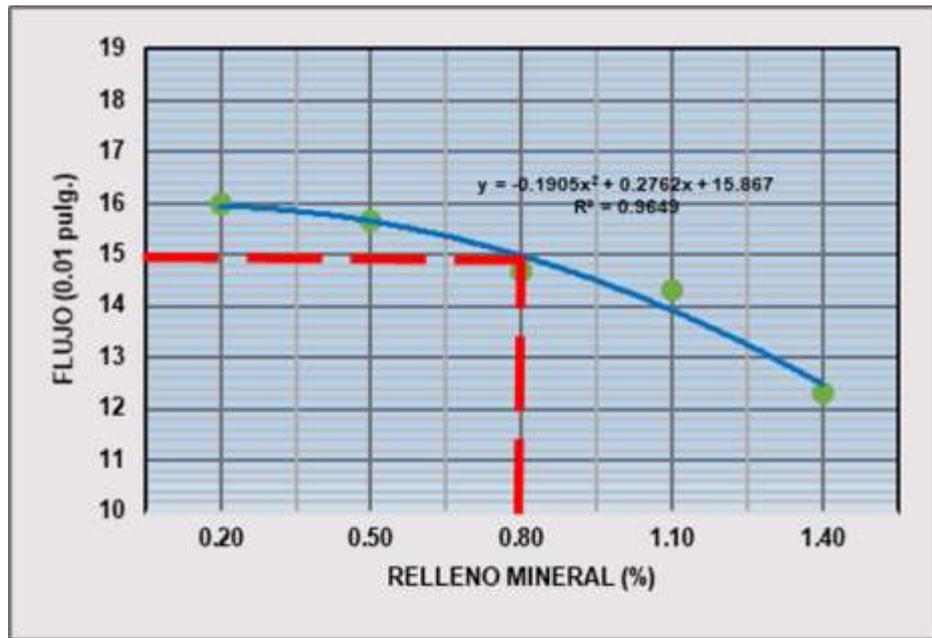
Con la problemática planteada: **¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral con la variación del flujo de la mezcla asfáltica en frío para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?**, se plantea el siguiente cuadro procesado estadísticamente por el método de regresión simple, para los diferentes de relleno mineral vs el flujo del diseño de mezcla óptimos a fin de poder evidenciar como influye el relleno mineral en contacto con el diseño de mezcla asfáltica.

Tabla 26.- Relleno mineral vs el flujo del diseño de mezcla

DISEÑO MEZCLA ASFALTICA	DISEÑO OPTIMO SIN RELLENO MINERAL FLUJO (0.01”)	PORCENTAJE DE RELLENO MINERAL	RESULTADOS
			FLUJO (0.01”)
EMULSION TIPO CSS – 1H	15.33	0.25 %	16.00
		0.50%	15.67
		0.80%	14.67
		1.00%	14.33
		1.25%	12.33

Fuente: Certificados CISAC S.A – Rio Seco San Lorenzo

Ilustración 7.- Flujo vs Relleno Mineral



Fuente: Certificados CISAC S.A – Río Seco San Lorenzo

En la siguiente grafica se evidencia como la incorporación del relleno mineral en con la emulsión de rotura lenta tipo CSS-1H reduce el flujo para un desempeño de alta resistencia mecánica, teniendo así la gráfica representativa nos muestra un grado de correlación de 0.9649, ya que con las definiciones mencionadas posee un alto grado de correlación.

**Hipótesis Especifica (C).** El relleno mineral incorporado reduce el flujo para un desempeño de alta resistencia mecánica, en la ciudad de Huancayo 2018, con lo que se corrobora que para la emulsión de tipo CSS-1H con incorporación de relleno mineral en un 0.8 % presenta un grado de correlación de 96.49%.

## 5.2. Interpretación De Hipótesis General

**En la PRUEBA DE HIPOTESIS GENERAL,** existen evidencia técnica y estadística para poder afirmar la incorporación de relleno mineral en una mezcla asfáltica en frío mejora las propiedades de deformación y rigidez, incrementando la resistencia mecánica, sobre las carpetas de rodadura para la gradación del

agregado tipo MDF -3, debido a lo mencionado anteriormente y obteniendo un grado de correlación entre la incorporación de relleno mineral mejora las propiedades para una alta resistencia mecánica, disminuyendo su flujo en un 6.52% teniendo una grado de correlación de 97.28% y para la emulsión tipo CSS-1H un grado de correlación 93,63% en la ciudad de Huancayo.

*Tabla 27.- Prueba De Hipótesis General*

<b>PRIMER INDICADOR</b>	<b>SEGUNDO INDICADOR</b>	<b>GRADO DE CORRELACION</b>	<b>INTERPRETACION</b>
EMULSION DE ROTURA LENTA (TIPO CSS-1H)	ESTABILIDAD SECA	<b>R= 99.56%</b>	Al obtener un grado de correlación mayor al nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.
EMULSION DE ROTURA LENTA (TIPO CSS-1H)	FLUJO	<b>R=96.49%</b>	

Fuente: Bachiller Ames Mejia Hivo Fredie

En la **PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECIFICA A**, existe evidencia técnica y estadística para afirmar que al incorporarse un relleno mineral en la mezcla asfáltica en frío se aumenta la estabilidad seca para una alta resistencia mecánica; ya que al verificar la importancia en el aumento de las propiedades se determinó el grado de correlación es un 99.56% para la estabilidad seca y un 96.49% para el flujo sobre los valores iniciales con el diseño óptimo de la mezcla asfáltica.

*Tabla 28.- Prueba De Hipótesis Especifica A*

<b>PRIMER INDICADOR</b>	<b>SEGUNDO INDICADOR</b>	<b>GRADO DE CORRELACION</b>	<b>INTERPRETACION</b>
DISEÑO DE MEZCLA			Al obtener un grado de correlación mayor al

ASFALTICA CON RELLENO MINERAL AL (0.8%)	ESTABILIDAD  SECA  (RESISTENCIA  SECA)	<b>R= 99.56%</b>	nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.
---	--	------------------	---

Fuente: Bachiller Ames Mejía Hivo Fredie

En la **PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECIFICA B**, existen evidencia técnica y estadística para afirmar que incorporando un relleno mineral en mezclas asfálticas en frío se aumenta la estabilidad húmeda para un desempeño de alta resistencia mecánica, ya que al verificar la importancia de una alta resistencia mecánica se determinó el grado de correlación es un 95.22% en la emulsión tipo CSS-1H y la incorporación del relleno mineral en un 0.8 % mejora los valores iniciales en la estabilidad húmeda.

*Tabla 29.- Prueba De Hipótesis Especifica B*

<b>PRIMER INDICADOR</b>	<b>SEGUNDO INDICADOR</b>	<b>GRADO DE CORRELACION</b>	<b>INTERPRETACION</b>
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO EMULSION CSS-1H CON RELLENO MINERAL	ESTABILIDAD HUMEDA (RESITENCIA HUMEDA)	<b>R= 95.22%</b>	Al obtener un grado de correlación mayor al nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.

Fuente: Bachiller Ames Mejía Hivo Fredie

En la **PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECIFICA C**, existe evidencia técnica y estadísticamente aceptable para poder afirmar que el relleno mineral incorporado en mezclas asfálticas, reduce el flujo para un desempeño de alta resistencia

mecánica, ya que al verificar los resultados del flujo en relación a la incorporación de relleno mineral presenta un grado de correlación de 96.49%.

Tabla 30.- Prueba De Hipótesis Especifica C

<b>PRIMER INDICADOR</b>	<b>SEGUNDO INDICADOR</b>	<b>GRADO DE CORRELACION</b>	<b>INTERPRETACION</b>
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO EMULSION CSS-1H CON RELLENO MINERAL AL 0.8%	FLUJO (DEFORMACION)	<b>R= 96,49 %</b>	Al obtener un grado de correlación mayor al nivel medio (R=0.5) se afirma que existe un alto grado de evidencia entre los indicadores detallados.

Fuente: Bachiller Ames Mejía Hivo Fredie

### 5.3. Discusión De Resultados

En la presente investigación titulada: “Mezcla Asfáltica En Frio Con Incorporación De Relleno Mineral Para Una Alta Resistencia Mecánica, Huancayo 2018”, que está basada en un análisis específico que nos permitirá mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en frio para solicitaciones de carga de alta resistencia mecánica frente a ello la incorporación del relleno mineral nos permitirá aumentar la durabilidad y serviciabilidad del pavimento.

- Se determinó que se presenta una evidencia tanto técnico como estadística en la incorporación de relleno mineral en un diseño de mezcla asfáltica en frio realizada con una emulsión Catiónica de rotura lenta tipo CSS-1H. Se determina que con la incorporación de relleno mineral en un 0.8% de peso de los agregados pétreos (40% agregado fino, 60% agregado grueso), con un óptimo contenido de residuo asfáltico de 5.55% de peso de los agregados pétreos y con el agua añadida para

compactación en un 3.62% mejoran notablemente las propiedades como Peso bulk, el porcentaje de vacío, el contenido de humedad promedio, vacíos promedios, impermeabilizando la carpeta de rodadura de la mezcla asfáltica en frío.

- Con la incorporación de relleno mineral en un 0.8 % se obtuvo una estabilidad seca aumenta en un 14.98% (10.82 KN) del valor obtenido en el diseño de mezcla asfáltica en frío sin relleno mineral (9.41 KN), determinando así que presenta una mayor durabilidad y un mejor comportamiento en el desempeño para una alta resistencia mecánica. Para las solicitaciones de una alta resistencia mecánica se determinó que al emplear la mezcla densa Fría tipo – 3 (MDF-3), ya que al tener solicitaciones de carga, se presenta una granulometría más adecuada para esas solicitaciones de carga, así como la emulsión y el agua presentan un grado de correlación de 99.56% para la estabilidad seca, un 96.49% para el flujo de la mezcla y un 95.22% para la estabilidad húmeda presentando así **Valores altos de correlación de los indicadores se puede de los indicadores en la interpretación de la Hipótesis.**
- Con la incorporación del relleno mineral en un 0.8% se obtuvo una estabilidad húmeda de (8.17 KN), la cual presenta un aumento de 14.75% del valor obtenido en el diseño de la mezcla asfáltica en frío sin la incorporación del relleno mineral. Se afirma también que el empleo de los agregados pétreos (cantera Rio Seco) son de mucha importancia porque influyen directamente cuando la superficie de rodadura se encuentra sometida a cargas vehiculares que demandan un alto desempeño mecánico, es por ello que, ante esas solicitaciones de cargas, se determinó un grado de correlación de 99.56% sobre los valores del contenido

asfáltico como indicador. **Valores altos de correlación de los indicadores se puede de los indicadores en la interpretación de la Hipótesis.**

- El flujo con la incorporación de relleno mineral en la mezcla asfáltica de rotura lenta en frío tipo CSS-1H, presenta una disminución de su valor inicial (3.89 mm), el flujo con la incorporación de relleno mineral un valor de 3.72 mm la cual representa un -4.31% en relación a la flexibilidad del pavimento ya que dicho valor se encuentra en los parámetros de la norma técnica peruana. Se afirma que al incorporarse un relleno mineral (cemento Andino Tipo I) se reduce notablemente el flujo de la mezcla asfáltica en frío, determinándose así que se reduce la flexibilidad del pavimento logrando rigidizar más la estructura (dentro de los términos aceptables), lo cual nos determina un grado de correlación de 96.49 % sobre su valor inicial.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó que con la Incorporación de Relleno Mineral en un 0.8% de peso de los Agregados pétreos (40% A. Fino y 60% A. Grueso) con un óptimo contenido de residuo asfáltico de 5.55% de peso de los Agregados pétreos, y agua para la compactación en un 3.62%, mejoran notablemente las propiedades como % de vacío, contenido de humedad promedio, vacíos promedios, impermeabilizando la carpeta de rodadura de la Mezcla Asfáltica en Frío.
2. Al incorporar el Relleno Mineral en un 0.8% la Estabilidad Seca aumenta en un 14.98% (10.82 KN) del valor obtenido en el diseño de Mezcla Asfáltica en Frío sin relleno mineral (9.41 KN). PRESENTARA MAYOR DURABILIDAD y MEJOR COMPORTAMIENTO EN EL DESEMPEÑO PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA.
3. Con esta incorporación mencionada (0.8%) la Estabilidad Húmeda (8.17 KN) presenta un aumento de 14.75% a comparación del valor obtenido en el diseño de Mezcla Asfáltica en Frío sin la incorporación de relleno mineral.
4. El FLUJO con la incorporación de relleno mineral será de 3.72mm. Y esta presenta una disminución de su valor inicial (3.89mm), la cual representa un -4.31% en relación a la flexibilidad del pavimento, ya que dicho valor se encuentra en los parámetros de la Norma Técnica Peruana.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda el uso de emulsiones de rotura lenta en el diseño de carpetas asfálticas en la localidad de Huancayo y sus alrededores puesto a que presenta una mejor trabajabilidad y un mejor comportamiento estructural en relación a la temperatura, presión y humedad de nuestro clima, todo esto a un costo menor que una carpeta asfáltica en caliente.
2. Se recomienda hacer un análisis detallado para el cambio del agregado pétreo fino o agregado pétreo grueso, Es por ello que se debe hacer el análisis de cada elemento empleado en la pavimentación de una vía.
3. Se recomienda realizar el ensayo de carga eléctrica para poder determinar la carga eléctrica de los agregados, para optimizar una mejor adherencia.
4. Se recomienda utilizar esta investigación como un pequeño manual de diseño de mezclas asfálticas en frío con incorporación de relleno mineral (Cemento Andino Tipo I).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Montejo Fonseca, A. (2010). Ingeniería de Pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. (Universidad Católica de Colombia, Ed.) (Tercera). Colombia.
- Bernal, C. (2006). Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. (L. Gaona, Ed.) (Segunda). México: Pearson Educación.
- Ballena Tapia, Chrystian José (2016), en la tesis de pregrado titulada “Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío”. Universidad Señor de Sipán.
- Cajas Ramírez, Vicente Xavier e Iglesias Ramírez, Andrés Geovanny (2010) en la tesis de pregrado titulada “Utilización de escorias siderúrgicas para el mejoramiento de mezclas asfálticas en frío”. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador
- Del Cid, A., Sandoval, R., y Sandoval, F. (2007). Investigación. Fundamentos y metodología. (H. Rivera, Ed.) (Primera). México: Pearson Educación
- Recuenco Aguado, E. (2018). Firms y Pavimentos de Carreteras y Otras Infraestructuras. (Carceta, Ed.) (Segunda). España.
- Glosario Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, (2008). Lima, Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Recuperado de [http://www.mtc.gob.pe/portal/home/publicaciones\\_arch/Glosario.final.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/home/publicaciones_arch/Glosario.final.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. del P. (2010). Metodología de la investigación. (J. Mares, Ed.) (Quinta). México: McGRAW-HILL
- Martínez Dongo, Robert Emilio (2011) en la tesis de pregrado titulada “Empleo del polímero SBR en la fabricación de mezclas asfálticas para zonas de altura”. Universidad Nacional de Ingeniería

- MTC. (2013). Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013) (Tomo I). Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Recuperado a partir de [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013 - \(Versión Revisada - JULIO 2013\).pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20-%20Especificaciones%20Técnicas%20Generales%20para%20Construcción%20-%20EG-2013%20-%20(Versión%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)
- MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales (Primera). Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Pelaéz Ascencio, Byron Ricardo (2018) en la tesis de pregrado titulada “Mezclas asfálticas elaboradas con emulsión tipo CSS-1H”. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Ramírez Montenegro, Marco Antonio (2015) en la tesis de postgrado titulada “Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la cantera San Martín con cemento asfáltico pen 60/70 y emulsión asfáltica CSS-1HP”. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Vallejo Ramírez, Diego César (2011) en la tesis de pregrado titulada “Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales”. Universidad Nacional de Ingeniería.

## **ANEXOS**

*Anexo N° 1: Matriz de consistencia.*

Título:

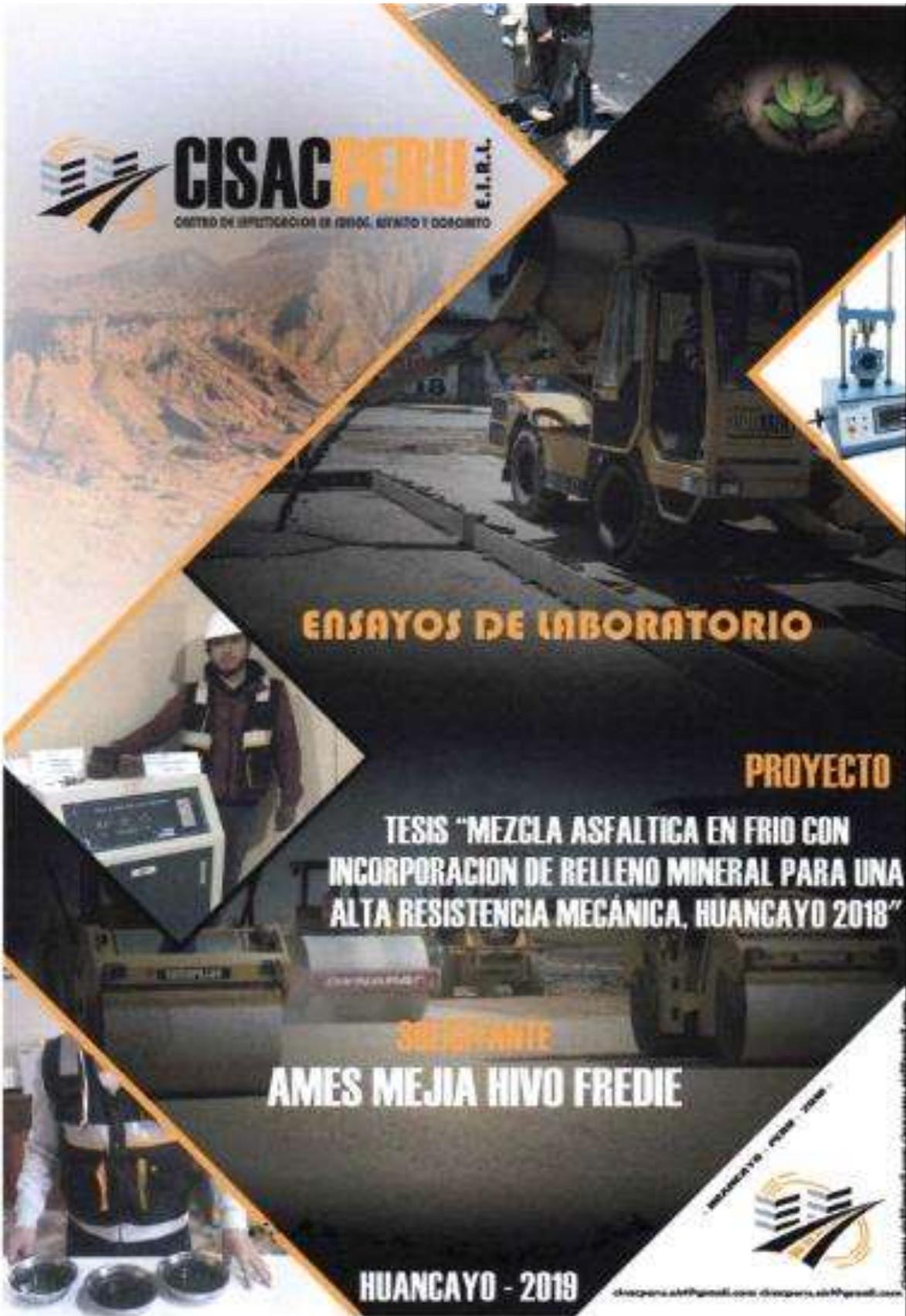
## MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACIÓN DE RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES		METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPOTESIS GENERAL:			<b>METODO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> * GENERAL: Científico. * ESPECIFICO: Descriptivo.
¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral en la resistencia mecánica, al incorporarse a una mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018 ?	Determinar la influencia del relleno mineral en la Resistencia Mecánica, al incorporarse a una mezcla asfáltica en frío, Huancayo 2018.	La incorporación de relleno mineral incrementa la resistencia mecánica.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>RELLENO MINERAL</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> * Cuantitativo  <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> * Descriptivo - Explicativo  <b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> * Experimental
			<b>DIMENSIONES</b>	TIPO DE RELLENO MINERAL	
				TIPO DE EMULSION DE ROTURA LENTA	
				GRAVEDAD ESPECIFICA	
GRANULOMETRÍA					
PROBLEMAS ESPECIFICOS:	OBJETIVOS ESPECIFICOS:	HIPOTESIS ESPECIFICAS:			<b>POBLACIÓN:</b> * 88 ensayos.
¿De qué manera la incorporación de relleno mineral influye en la estabilidad seca de la mezcla asfáltica en frio para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?	Evaluar cómo influye la incorporación de relleno mineral en la estabilidad seca de la mezcla asfáltica en frio para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018.	Al incorporarse un relleno mineral se aumenta la estabilidad seca para una alta resistencia mecánica en la mezcla asfáltica en frio, Huancayo 2018.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>RESISTENCIA MECÁNICA</b>	<b>TECNICAS E INSTRUMENTOS:</b> <b>TÉCNICAS:</b> * Censo  <b>INSTRUMENTOS:</b> * Ficha de observación * Hoja de cálculo EXCEL * Ficha de evaluación del tiempo
¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral en la estabilidad húmeda de la mezcla asfáltica en frio para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?	Establecer cómo influye la incorporación de relleno mineral en la estabilidad húmeda para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018.	Incorporando un relleno mineral se aumenta la estabilidad húmeda para un desempeño de alta resistencia mecánica, en la mezcla asfáltica en frio. Huancayo 2018.			
¿Cómo influye la incorporación de relleno mineral con la variación del flujo de la mezcla asfáltica en frio para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018?	Identificar en qué medida influye la incorporación de relleno mineral variando el flujo en la mezcla asfáltica en frio e influye para una alta resistencia mecánica, Huancayo 2018.	El relleno mineral incorporado reduce el flujo para un desempeño de alta resistencia mecánica, en la ciudad de Huancayo 2018.	<b>DIMENSIONES</b>	ESTABILIDAD SECA	
				ESTABILIDAD HUMEDA	
				FLUIDEZ	

*Anexo N° 2: Certificados de ensayos.*



**CISAC PERU**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN TERRO, RUMBO Y DORADO  
S.R.L.



## ENSAYOS DE LABORATORIO

## PROYECTO

TESIS "MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018"

## SUBCONTRATE

AMES MEJIA HIVO FREDIE

HUANCAYO - 2019

HUANCAYO - 2018



[ciacperu.ath@gmail.com](mailto:ciacperu.ath@gmail.com) [ciacperu.ath@gmail.com](http://ciacperu.ath@gmail.com)

**RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASION**

*Metodo Máquina de los Angeles  
MTC E 207*

**SOLICITA / PETICIONARIO** BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
**TESIS** MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
**MUESTRA N° / UBICACIÓN** PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO  
**UBICACIÓN DE ENSAYO** DISTRITO CHILCA  
PROVINCIA HUANCAYO  
REGION JUNIN  
**TECNICO** J.L.C.C  
**FECHA** 09/07/2019

METODO		PESOS Y GRANULOMETRIAS REQUERIDAS (gr)				PESOS Y GRANULOMETRIAS EMPLEADOS (gr)			
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	A	B	C	D	A	B	C	D
11/2"	1"	1250+ - 25				1248	1252	1251	
1"	3/4"	1250+ - 25				1251	1248	1246	
3/4"	1/2"	1250+- 10	2500+-10			1253	1249	1258	
1/2"	3/8"	1250+- 10	2500+-10			1248	1253	1248	
3/8"	1/4"			2500+-10					
1/4"	N°4			2500+-10					
N°4	N°8				5000+-10				
PESO TOTAL		5000+-10	5000+-10	5000+-10	5000+-10	5000	5002	5003	
N° de esferas		12	10	8	6				
peso de las esferas		390-445	390-445	390-445	390-445				
Peso Retenido en la Malla N° 12 (gr)						3845	3815	3825	
Peso que Pasa en la Malla N° 12 (gr)						1155	1187	1178	
% Desgaste						<b>23.10</b>	<b>23.73</b>	<b>23.55</b>	

PROMEDIO **23.46** %

OBSERVACIONES : MATERIAL TRITURADO



## GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS

### MODIFICADO ILLINOIS

**SOLICITA / PETICIONARIO:** BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
**TESIS :** MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
**MUESTRA N° / UBICACION :** PLANTA CHANCADORA DE RIO SECO - SAN LORENZO  
**UBICACIÓN DE ENSAYO :** **DISTRITO :** CHILCA  
**PROVINCIA :** HUANCAYO **TÉCNICO :** J.L.C.C.  
**REGION :** JUNIN **FECHA :** 09/07/2019

AGREGADO GRUESO (GRAVA) (DEE-A3-1983)						
DESCRIPCION		CANTERA DE RIO SECO			Promedio	Adoptado
N° de Pruebas		N° 1	N° 2			
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	940.00	925.00			
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Agua)	590.00	582.00			
C	Vol. de Masa Vol. de Vacios=A-B	350.00	343.00			
D	Peso Mat. Seco en Estufa(a105°C)	931.90	917.36			
E	Vol. de Masa Vol. =C-(A-D)	341.90	335.36			
	PesoEsp. Bulk (Base Seca)=D/C	2.663	2.675		2.669	
	PesoEsp. Bulk (Base Saturada)=A/C	2.686	2.697		2.69	2.700
	PesoEsp. Aparente (Base Seca)=D/E	2.726	2.735		2.731	2.70
	%deAbsorcion=((A-D)/D)*100	0.869	0.833		0.85	

AGREGADO FINO (DEE-A4-1983)						
DESCRIPCION		CANTERA DE RIO SECO			Promedio	Adoptado
N° de Pruebas		N° 1	N° 2	N° 3		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	270.00	270.00			
B	Peso de Fiolao Frasco+H2O	710.00	710.00			
C	Peso de la Fiolao Frasco+H2O+A=A+B	980.00	980.00			
D	Peso del Material+H2O en la Fiolao Frasco	875.60	872.90			
E	Vol. de Masa: Vol. de Vacio=C-D	104.40	107.10			
F	Peso Mat. Seco en Estufa(a105°C)	266.30	266.10			
G	Vol. de Masa Vol. =C-(A-D)	100.70	103.20			
	PesoEsp. Bulk (Base Seca)=F/E	2.551	2.485		2.518	
	PesoEsp. Bulk (Base Saturada)=A/E	2.586	2.521		2.55	2.565
	PesoEsp. Aparente (Base Seca)=F/G	2.644	2.578		2.611	2.57
	%deAbsorcion=((A-F)/F)*100	1.389	1.466		1.43	



**ANALISIS GRANULOMETRICO Y COMBINACION DE AGREGADOS**

MTC E 204

**SOLICITA / PETICIONARIO**

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

**TESIS**

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018

**MUESTRA N° / UBICACION**

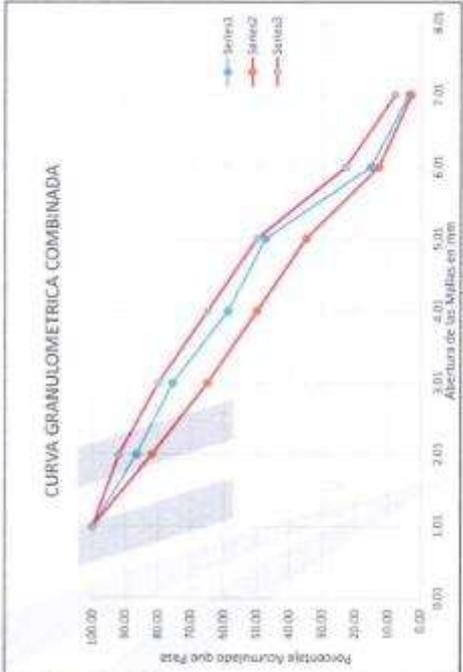
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

**UBICACION DE ENSAYO**

DISTRITO CHILCA  
PROVINCIA HUANCAYO  
REGION JUNIN

FECHA 09/07/2019  
TECNICO J.L.L.C.

ANALISIS GRANULOMETRICO Y COMBINACION DE AGREGADOS MTC E - 204			
COMBINACION DE AGREGADOS ABTM - D3415			
TIPO DE MUESTRA	GRAVILA CHANCADA	ARENA CHANCADA	TOTAL
N° MALLA	40	60	100
N° 200	100.00	100.00	100.00
N° 75	86.61	100.00	86.64
N° 60	38.12	100.00	75.85
N° 45	3.05	95.92	58.77
N° 30	0.85	78.60	47.36
N° 15	0.26	25.66	15.43
N° 7.5	0.04	6.17	3.72
N° 3.75			8.00



AGREGADO FINO ARENA CHANCADA - RIO SECO			
Tamices	peso retenido	% retenido	% acumulado
3/4"	0	0.00	0.00
1/2"	1265.6	33.39	33.39
3/8"	1025.4	27.49	60.88
N°4	1245.6	36.07	96.95
N°8	89.6	2.40	99.35
N° 50	14.35	0.38	99.74
N° 200	8.3	0.22	99.96
N° 200	1.5	0.04	100.00
	3730.35	100.00	



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

MO-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA  
UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018

PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

DISTRITO : CHILCA

PROVINCIA : HUANCAYO

REGION : JUNIN

TÉCNICO

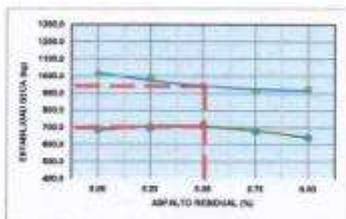
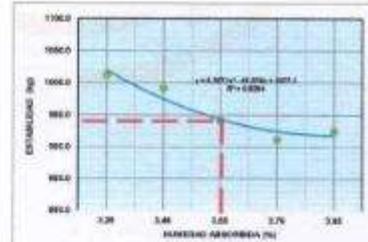
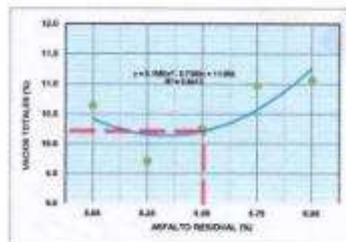
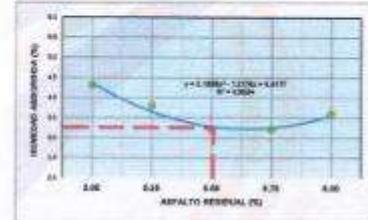
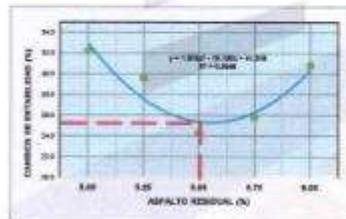
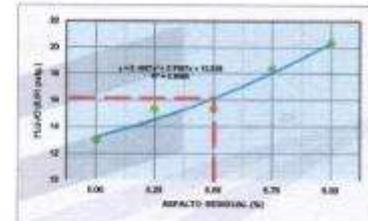
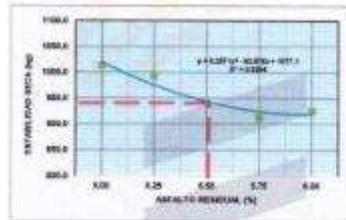
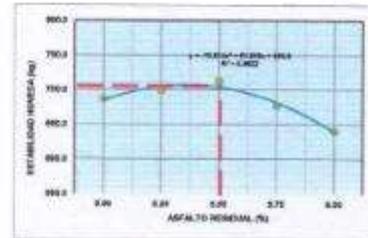
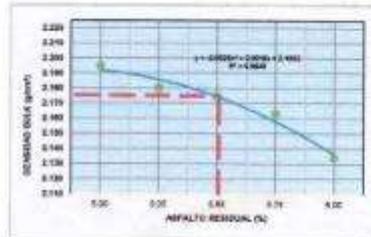
J.L.C.C

FECHA

11/07/2019

SOLICITA / PETICIONARIO:  
TESIS :

MUESTRA N° / UBICACIÓN :  
UBICACIÓN DE ENSAYO :



ÓPTIMO RESIDUO ASFALTICO (%)	5.55
ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	872.1
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	712.4
PESO BULK PROMEDIO GRCC	2.375
FLUJO PROMEDIO (0.01)	15.33
VACIOS PROMEDIO (%)	10.3
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	1.2
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.3
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	25.2
ESTABILIDAD (kg)	1025.0





**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

SOLICITA / PETICIONARIO:

TESIS :

MUESTRA N° / UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE ENSAYO :

DISTRITO : CHILCA

PROVINCIA : HUANCAYO

REGION : JUNIN

TÉCNICO

FECHA

J.L.C.C

11/07/2019

**CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO		AGREGADO					
TIPO Y GRADO	CSS - 1H	CANERA	CHUPURO				
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %	TIPO	PIEDRA CANCHADA				
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95		ARENA CHANCADA				
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	6.00 %						
MEZCLA Y COMPACTACION							
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %	P ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC	2.70				
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.08 %	P ESPECIFICO DE ARENA CHANC	2.57				
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.92 %	P ESPECIFICO AGUA	1.00				
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN							
		1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA							
PESO AL AIRE		1119.8	1121.1	1118.9			
PESO EN AGUA		627.8	630.1	632.4			
PESO SSS (saturado superficialmente seca)		1126.3	1125.9	1127.2			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN		516	512	510			
GEV. (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada		2.170	2.190	2.194			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada		2.13	2.14	2.14			
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO			
ESTABILIDAD		925	930	920	645	640	635
FACTOR DE CORRECCION		1	1	1	1	1	1
ESTABILIDAD CORREGIDA		925	930	920	645	640	635
FLUJO		20	20	21	21	22	21
CONTENIDO DE HUMEDAD							
PESO DE ESPECIMEN		1118.1	1120.3	1119.3	1116.9	1115.8	1115.8
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO		1095.3	1094.6	1089.6	1058.6	1049.8	1051.2
TARA		0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD		2.08	2.35	2.73	5.51	6.31	6.13
HUMEDAD ABSORBIDA						3.60	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %		11.105925	11.123267	10.949843			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	925.00
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	640.00
PESO BULK PROMEDIO GR/CC	2.13
FLUJO PROMEDIO (0.01")	20.33
VACIOS PROMEDIO (%)	11.1
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	2.4
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.6
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	30.8
ESTABILIDAD	695



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

SOLICITA / PETICIONARIO:

TESIS :

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

MUESTRA N° / UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE ENSAYO :

DISTRITO : CHILCA

PROVINCIA : HUANCAYO

REGION : JUNIN

TÉCNICO

J.L.C.C

FECHA

11/07/2019

**CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO		AGREGADO				
TIPO Y GRADO	CSS - 1H	CANTERA	RIO SECO			
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %	TIPO	PIEDRA CANCHADA			
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95		ARENA CHANCADA			
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.75 %					
MEZCLA Y COMPACTACION						
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %	P ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC	2.70			
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.25 %	P ESPECIFICO DE ARENA CHANC	2.57			
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.75 %	1118.70	P ESPECIFICO AGUA 1.00			
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN						
	1	2	3			
DENSIDAD VOLUMETRICA						
PESO AL AIRE	1114.6	1115.4	1116.2			
PESO EN AGUA	651.6	645.6	641.8			
PESO SSS (saturado superficialmente seco)	1122.6	1124.6	1121.9			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	509	510	510			
GEV (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada	2.190	2.187	2.189			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.16	2.16	2.17			
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO		
ESTABILIDAD	925	915	895	700	645	685
FACTOR DE CORRECCION	1	1	1	1	1	1
ESTABILIDAD CORREGIDA	925	915	895	700	645	685
FLUJO	19	18	18	20	21	20
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE ESPECIMEN	1111.9	1112.4	1114.5	1116.2	1115.9	1114.8
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1098.5	1097.4	1104.6	1080.6	1060.4	1065.9
TARA	0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.22	1.37	0.90	3.28	5.23	4.59
HUMEDAD ABSORBIDA				3.21		
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %	10.504857	11.228396	11.164726			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	911.7
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	678.7
PESO BULK PROMEDIO GRICC	2.163
FLUJO PROMEDIO (0.01")	18.33
VACIOS PROMEDIO (%)	11.0
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	1.2
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.2
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	25.8
ESTABILIDAD	985



**DISENO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

SOLICITA / PETICIONARIO:  
TESIS :

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA. HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

MUESTRA N° / UBICACIÓN :  
UBICACIÓN DE ENSAYO :

DISTRITO : CHILCA

PROVINCIA : HUANCAYO

REGION : JUNIN

TÉCNICO

FECHA

J.L.C.C

11/07/2019

**CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO			AGREGADO			
TIPO Y GRADO	CSS - 1H		CANTERA	RIO SECO		
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %		TIPO	PIEDRA CHANCADA		
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95			ARENA CHANCADA		
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.55 %					
MEZCLA Y COMPACTACION						
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %		P. ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC	2.70		
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.36 %		P. ESPECIFICO DE ARENA CHANC	2.57		
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.62 %		P. ESPECIFICO AGUA	1.00		
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN						
	1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA						
PESO AL AIRE	1110.5	1111.6	1110.8			
PESO EN AGUA	625.3	626.4	625.9			
PESO SSS (saturado superficialmente seca)	1121.5	1124.5	1122.4			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	505	505	505			
GEV. (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada	2.199	2.201	2.200			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.18	2.17	2.18			
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO		
ESTABILIDAD	905	900	910	700	680	675
FACTOR DE CORRECCION	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
ESTABILIDAD CORREGIDA	941.2	936	946.4	728	707.2	702
FLUJO	15	16	15	18	18	19
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE ESPECIMEN	1111.1	1112.2	1110.1	1108.9	1107.6	1107.4
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1099.1	1097.2	1098.8	1065.3	1060.4	1050.3
TARA	0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.09	1.37	1.03	4.09	4.45	5.44
HUMEDAD ABSORBIDA					3.50	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %	10.29128	10.202419	10.267045			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	941.2
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	712.4
PESO BULK. PROMEDIO GR/CC	2.175
FLUJO PROMEDIO (0.01")	15.33
VACIOS PROMEDIO (%)	10.3
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	1.2
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.5
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	24.3
ESTABILIDAD	1025



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

**MODIFICADO ILINDIS**

SOLICITA / PETICIONARIO:  
TESIS :

MUESTRA N° / UBICACIÓN :  
UBICACIÓN DE ENSAYO :

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO  
BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
REGION : JUNIN  
TÉCNICO J.L.C.C  
FECHA 11/07/2019

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO						
ASFALTO			AGREGADO			
TIPO Y GRADO	CSS - 1H		CANTERA		RIO SECO	
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %		TIPO		PIEDRA CANCHADA	
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95				ARENA CHANCADA	
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.25 %					
MEZCLA Y COMPACTACION						
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %		P.ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC		2.70	
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.57 %		P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC		2.57	
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.43 %		P.ESPECIFICO AGUA		1.00	
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN						
	1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA						
PESO AL AIRE	1105.6	1106.8	1105.6			
PESO EN AGUA	611.2	610.3	611.8			
PESO SSS (saturado superficialmente seca)	1112.9	1115.3	1114.9			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	498	498	499			
GEV (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada	2.220	2.222	2.216			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.18	2.18	2.19			
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO		
ESTABILIDAD	945	950	965	680	675	660
FACTOR DE CORRECCION	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
ESTABILIDAD CORREGIDA	982.8	988	1003.6	707.2	702	686.4
FLUJO	15	16	15	18	19	18
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE ESPECIMEN	1101.2	1102.3	1104.1	1105.4	1106.6	1108.1
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1080.2	1078.9	1080.3	1055	1048.3	1041.2
TARA	0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.94	2.17	1.27	4.78	5.56	6.43
HUMEDAD ABSORBIDA				3.80		
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %	9.6800025	9.5819707	9.6610045			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	991.5
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	686.5
PESO BULK. PROMEDIO GR/C	2.180
FLUJO PROMEDIO (0.01")	15.33
VACIOS PROMEDIO (%)	9.7
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	1.8
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.8
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	29.5
ESTABILIDAD	810.5



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

SOLICITA / PETICIONARIO:

TESIS :

MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018

MUESTRA N° / UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE ENSAYO :

DISTRITO : CHILCA

PROVINCIA : HUANCAYO

REGION : JUNIN

TÉCNICO

FECHA

J.L.C.C

11/07/2019

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO		AGREGADO				
TIPO Y GRADO	CSS - 1H	CANTERA	RIO SECO			
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %	TIPO	PIEDRA CANCHADA			
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95		ARENA CHANCADA			
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.00 %					
MEZCLA Y COMPACTACION						
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %	P.ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC	2.70			
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.74 %	P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC	2.57			
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.26 %	P.ESPECIFICO AGUA	1.00			
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN						
DENSIDAD VOLUMETRICA	1	2	3	1	2	3
PESO AL AIRE	1104.9	1104.3	1104.2			
PESO EN AGUA	603.8	604.5	605.2			
PESO SSS (saturado superficialmente seco)	1109.6	1109.1	1108.9			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	502	502	501			
GEV. (gravedad específica volumétrica)mezcla compactada	2.201	2.200	2.204			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.19	2.19	2.20			
ESTABILIDAD	SECO			HUMEDO		
ESTABILIDAD	985	975	960	840	860	880
FACTOR DE CORRECCION	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
ESTABILIDAD CORREGIDA	1024.4	1014	998.4	865.6	886.4	707.2
FLUJO	13	13	13	17	18	17
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE ESPECIMEN	1102.9	1103.1	1103	1140	1135	1150
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1099.6	1100.2	1099.1	1088	1091	1095
TARA	0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.30	0.26	0.35	4.78	4.03	5.02
HUMEDAD ABSORBIDA					4.31	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %	10.062694	10.711208	10.541066			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	1012.3
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	886.4
PESO BULK. PROMEDIO GRVCC	2.19
FLUJO PROMEDIO (0.01")	13.00
VACIOS PROMEDIO (%)	10.6
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	0.3
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	4.3
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	32.2
ESTABILIDAD	886



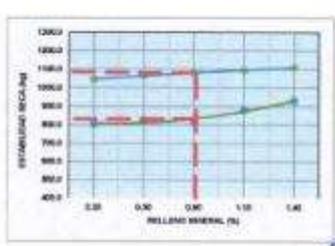
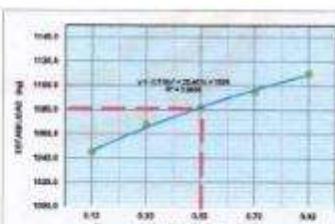
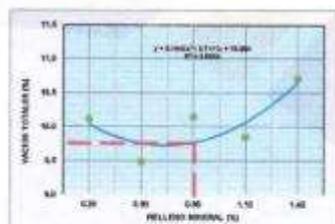
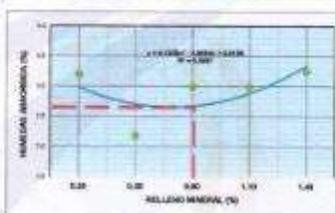
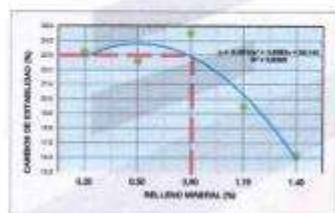
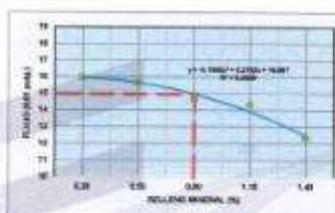
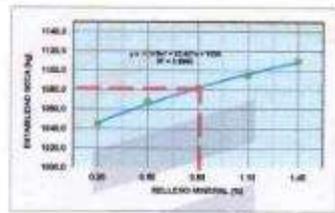
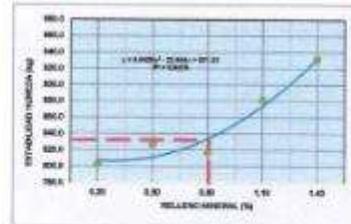
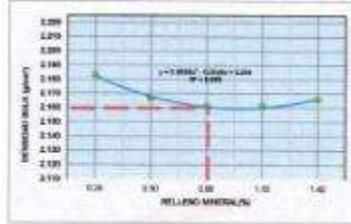
**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ELIMBS

SOLICITA / PETICIONARIO:  
TESIS :

MUESTRA N° / UBICACIÓN :  
UBICACIÓN DE ENSAYO :

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO  
BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
REGION : JUNIN  
TÉCNICO J.L.C.C.  
FECHA 11/07/2019



ÓPTIMO RESIDUO ASFALTICO (%)	5.55
RELLENO MINERAL OPTIMA (CEMENTO)	0.80
ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	999.1
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM (KG)	816.7
PESO BULK PROMEDIO GRCC	2.160
FLUJO PROMEDIO (0.01")	14.67
VACIOS PROMEDIO (%)	10.1
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM (%)	1.2
HUMEDAD ABSORBIDA PROM (%)	2.7
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM (%)	21.1
ESTABILIDAD (KG)	1250.0



Números de Contacto  
Cel.: 938 559895  
Cel.: 922 592098

Centros de Atención:  
Oficina Píje, Grau N° 201 - Chilca - Huancayo - Junín.  
Laboratorio Píje, Grau N° 201 - Chilca - Huancayo - Junín.

Dirección - Oficinas  
Email: cisacperu.elfr@gmail.com  
Redes Sociales  
Facebook: cisacperu

**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

**MODIFICADO ILLINDIS**

**SOLICITA / PETICIONARIO:**  
**TESIS :**

**MUESTRA N° / UBICACION :**  
**UBICACION DE ENSAYO :**

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO  
BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO  
**DISTRITO :** CHILCA  
**PROVINCIA :** HUANCAYO  
**REGION :** JUNIN  
**TECNICO :** J.L.C.C  
**FECHA :** 14/07/2019

**CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO		AGREGADO				
TIPO Y GRADO	CSS - 1H	CANtera	CHUPURO			
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %	TIPO	PIEDRA CHANCADA			
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95		ARENA CHANCADA			
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.55 %					
MEZCLA Y COMPACTACION						
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %	P.ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC	2.70			
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.36 %	P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC	2.57			
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.62 %	P.ESPECIFICO AGUA	1.00			
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN						
	1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA						
PESO AL AIRE	1132.4	1131.9	1130.6			
PESO EN AGUA	645	644.3	645.1			
PESO SSS (saturado superficialmente seco)	1145.1	1142.6	1147.2			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	520	518	518			
GEV. (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada	2.179	2.185	2.183			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.16	2.17	2.17			
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO		
ESTABILIDAD	1090	1120	1120	920	940	935
FACTOR DE CORRECCION	1	1	1	1	1	1
ESTABILIDAD CORREGIDA	1090	1120	1120	920	940	935
FLUJO	13	12	12	17	16	16
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE ESPECIMEN	1128.5	1128.1	1127.9	1125.6	1127	1128.1
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1118.6	1122	1120.3	1078.4	1087.6	1085.6
TARA	0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.89	0.63	0.68	4.38	3.62	3.91
HUMEDAD ABSORBIDA					3.24	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %	9.8033283	11.105874	11.207969			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	1110.00
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	931.67
PESO BULK. PROMEDIO GR/CC	2.17
FLUJO PROMEDIO (0.01")	12.33
VACIOS PROMEDIO (%)	10.7
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	0.7
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.2
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	16.1
ESTABILIDAD	1120.1
RELLENO MINERAL (%)	1.25



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

SOLICITA / PETICIONARIO:  
TESIS:

MUESTRA N° / UBICACION:  
UBICACION DE ENSAYO:

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO  
BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO  
DISTRITO: CHILCA  
PROVINCIA: HUANCAYO  
REGION: JUNIN  
TECNICO: J.L.C.C  
FECHA: 14/07/2019

**CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO		AGREGADO			
TIPO Y GRADO	CSS - 1H	CANTERA	RIO SECO		
ASFALTO EN EMULSION	60.5%	TIPO	PIEDRA CHANCADA		
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95		ARENA CHANCADA		
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.55%				
MEZCLA Y COMPACTACION					
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00%		P.ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC		
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.36%		P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC		
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.62%	1118.70	P.ESPECIFICO AGUA		
			2.70		
			2.57		
			1.00		
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN					
	1	2	3		
	1	2	3		
DENSIDAD VOLUMETRICA					
PESO AL AIRE	1125.9	1124.5	1127.1		
PESO EN AGUA	640.5	645.1	646.8		
PESO SSS (saturado superficialmente seca)	1130.5	1131.5	1132.1		
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	511	510	510		
GEV (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada	2.203	2.205	2.210		
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.16	2.16	2.17		
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO	
ESTABILIDAD	1080	1110	1095	890	875
FACTOR DE CORRECCION	1	1	1	1	1
ESTABILIDAD CORREGIDA	1080	1110	1095	890	875
FLUJO	14	15	14	19	18
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO DE ESPECIMEN	1122.6	1120.6	1125.6	1121.5	1122.5
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1096.5	1097.4	1104.6	1072	1071
TARA	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.19	2.11	1.90	4.62	4.61
HUMEDAD ABSORBIDA					2.99
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %:	9.1457635	10.301733	10.094339		

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	1096.0
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	881.7
PESO BULK. PROMEDIO GRVCC	2.161
FLUJO PROMEDIO (0.01")	14.33
VACIOS PROMEDIO (%)	9.8
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	2.1
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.0
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	19.5
ESTABILIDAD	1150
RELLENO MINERAL (%)	1.00



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

MS-1A DEL INSTITUTO DE ASFALTO

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

DISTRITO : CHILCA

PROVINCIA : HUANCAYO

REGION : JUNIN

TECNICO : J.L.C.C

FECHA : 14/07/2019

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO							
ASFALTO			AGREGADO				
TIPO Y GRADO	CSS - 1H		CANTERA		RIO SECO		
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %		TIPO		PIEDRA CHANCADA		
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95				ARENA CHANCADA		
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.55 %						
MEZCLA Y COMPACTACION							
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %		P.ESPECIFICO DE PIEDRA.CHANC		2.70		
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.38 %		P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC		2.57		
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.62 %		P.ESPECIFICO AGUA		1.00		
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN							
		1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA							
PESO AL AIRE		1120	1119.6	1118.9			
PESO EN AGUA		630	625	626.3			
PESO SSS (saturado superficialmente seca)		1132.5	1135.1	1135.5			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN		512	511	512			
GEV. (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada		2.188	2.191	2.185			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada		2.16	2.16	2.16			
ESTABILIDAD		SECO			HUMEDO		
ESTABILIDAD		1080	1075	1090	810	815	825
FACTOR DE CORRECCION		1	1	1	1	1	1
ESTABILIDAD CORREGIDA		1080	1075	1090	810	815	825
FLUJO		15	14	15	17	18	17
CONTENIDO DE HUMEDAD							
PESO DE ESPECIMEN		1119.1	1117.2	1117.2	1110.5	1112	1115.8
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO		1105.1	1102.6	1104.4	1075.4	1069.5	1068.9
TARA		0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.27	1.32	1.16	3.26	3.97	4.39
HUMEDAD ABSORBIDA						2.83	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %		10.160272	10.016609	10.248508			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	1081.7
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	816.7
PESO BULK. PROMEDIO GR/C	2.161
FLUJO PROMEDIO (0.01")	14.67
VACIOS PROMEDIO (%)	10.1
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	1.2
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	2.6
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	24.5
ESTABILIDAD	1025
RELLENO MINERAL (%)	1100



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

**MODIFICADO ILLINOIS**

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO

BACH. ING. CIVIL AMES MEJÍA HIVO FREDIE

MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

DISTRITO : CHILCA

PROVINCIA : HUANCAYO

REGION : JUNIN

TECNICO : J.L.C.C

FECHA : 14/07/2019

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO							
ASFALTO			AGREGADO				
TIPO Y GRADO	CSS - 1H		CANTERA		RIO SECO		
ASFALTO EN EMULSION	60.5%		TIPO		PIEDRA CHANCADA		
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95				ARENA CHANCADA		
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.55%						
MEZCLA Y COMPACTACION							
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00%		P.ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC		2.70		
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.38%		P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC		2.57		
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.62%		P.ESPECIFICO AGUA		1.00		
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN							
		1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA							
PESO AL AIRE		1120	1119.6	1118.9			
PESO EN AGUA		630	625	626.3			
PESO SSS (saturado superficialmente seca)		1132.5	1135.1	1136.5			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN		512	511	512			
GEV. (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada		2.188	2.191	2.185			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada		2.16	2.16	2.16			
ESTABILIDAD		SECO			HUMEDO		
ESTABILIDAD		1080	1075	1090	810	815	825
FACTOR DE CORRECCION		1	1	1	1	1	1
ESTABILIDAD CORREGIDA		1080	1075	1090	810	815	825
FLUJO		15	14	15	17	18	17
CONTENIDO DE HUMEDAD							
PESO DE ESPECIMEN		1119.1	1117.2	1117.2	1110.5	1112	1115.8
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO		1105.1	1102.6	1104.4	1075.4	1069.5	1068.9
TARA		0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD		1.27	1.32	1.16	3.26	3.97	4.39
HUMEDAD ABSORBIDA						2.63	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %		10.160272	10.016609	10.248508			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	1081.7
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	816.7
PESO BULK. PROMEDIO GR/CC	2.161
FLUJO PROMEDIO (0.01")	14.67
VACIOS PROMEDIO (%)	10.1
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	1.2
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	2.6
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	24.5
ESTABILIDAD	1025
RELLENO MINERAL (%)	1100





**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

**MODIFICADO ILINDIS**

**SOLICITA / PETICIONARIO:**  
**TESIS :**

**MUESTRA N° / UBICACION :**  
**UBICACION DE ENSAYO :**

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO  
BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO  
MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO  
**DISTRITO :** CHILCA  
**PROVINCIA :** HUANCAYO  
**REGION :** JUNIN  
**TECNICO :** J.L.C.C  
**FECHA :** 14/07/2019

**CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO		AGREGADO				
TIPO Y GRADO	CSS - 1H	CANtera	RIO SECO			
ASFALTO EN EMULSION	60.5 %	TIPO	PIEDRA CHANCADA			
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95		ARENA CHANCADA			
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.55 %					
MEZCLA Y COMPACTACION						
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	6.00 %	P.ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC	2.70			
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	2.38 %	P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC	2.57			
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.62 %	P.ESPECIFICO AGUA	1.00			
RELLENO MINERAL (CEMENTO)	0.25 %					
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN						
	1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA						
PESO AL AIRE	1110.6	1112.3	1110.5			
PESO EN AGUA	627.3	625.4	620.3			
PESO SSS (saturado superficialmente seco)	1118.6	1021.3	1122.1			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	500	502	503			
GEV (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada	2.221	2.216	2.208			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.17	2.17	2.16			
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO		
ESTABILIDAD	1020	1035	1025	800	795	790
FACTOR DE CORRECCION	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
ESTABILIDAD CORREGIDA	1060.8	1076.4	1066	832	826.8	821.6
FLUJO	18	15	18	17	19	17
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE ESPECIMEN	1105.1	1103.4	1104.1	1105.4	1106.6	1108.1
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1080.2	1078.9	1081.2	1085	1080	1055
TARA	0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.31	2.27	2.12	3.79	4.40	5.03
HUMEDAD ABSORBIDA					2.18	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %	9.2272076	9.4504595	9.77672059			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	1067.7
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	826.8
PESO BULK, PROMEDIO GR/CC	2.167
FLUJO PROMEDIO (0.01")	15.67
VACIOS PROMEDIO (%)	9.6
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	2.2
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	2.2
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	22.6
ESTABILIDAD	810.5
RELLENO MINERAL (%)	1085



**DISEÑO DE ASFALTO METODO MARSHALL ASTM-D 1559**

MODIFICADO ILLINOIS

MS-14 DEL INSTITUTO DE ASFALTO

SOLICITA / PETICIONARIO:  
TESIS:

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDEE

MUESTRA N° / UBICACION:  
UBICACION DE ENSAYO:

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA  
UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO

DISTRITO: CHILCA

PROVINCIA: HUANCAYO

REGION: JUNIN

TECNICO: J.L.C.C

FECHA: 14/07/2019

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS EN LABORATORIO**

ASFALTO		AGREGADO				
TIPO Y GRADO	CSS - 1H	CANTERA	RIO SECO			
ASFALTO EN EMULSION	80.5 %	TIPO	PIEDRA CHANCADA			
GRAV. ESPECIF. ASFALTICO	0.95		ARENA CHANCADA			
RESIDIO ASFALTICO MEZCLA	5.55 %					
MEZCLA Y COMPACTACION						
TOTAL DE AGUA EN MEZCLA	8.00 %	P.ESPECIFICO DE PIEDRA CHANC	2.70			
AGUA AÑADIDA EN MEZCLA	5.75 %	P.ESPECIFICO DE ARENA CHANC	2.57			
AGUA AÑADIDA EN COMPACTACION	3.82 %		1.00			
RELLENO MINERAL (CEMENTO)	0.25 %					
DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN						
	1	2	3	1	2	3
DENSIDAD VOLUMETRICA						
PESO AL AIRE	1105.7	1105.1	1104.9			
PESO EN AGUA	804.5	805.8	804.8			
PESO SSS (saturado superficialmente seca)	1110.2	1109.6	1108.4			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN	504	505	504			
GEV. (gravedad especifica volumetrica)mezcla compactada	2.194	2.188	2.192			
GRAVEDAD ESPECIFICA VOLUMETRICA SECA mezcla compactada	2.18	2.18	2.19			
ESTABILIDAD		SECO		HUMEDO		
ESTABILIDAD	1005	1000	1010	780	785	770
FACTOR DE CORRECCION	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
ESTABILIDAD CORREGIDA	1045.2	1040	1050.4	811.2	795.6	800.8
FLUJO	16	16	16	18	18	18
CONTENIDO DE HUMEDAD						
PESO DE ESPECIMEN	1104.2	1103.4	1104	1102.5	1103.6	1100.8
PESO DE ESPECIMEN SECO EN HORNO	1066.0	1100.1	1100.6	1068	1064	1061
TARA	0	0	0	0	0	0
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.51	0.30	0.31	3.23	3.72	3.75
HUMEDAD ABSORBIDA					3.19	
MAXIMO TOTAL DE VACIOS %	10.01515	10.24207	10.080256			

ESTABILIDAD PROMEDIO (KG)	1045.2
ESTABILIDAD HUMEDAD PROM. (KG)	802.5
PESO BULK. PROMEDIO GRCC	2.18
FLUJO PROMEDIO (0.01")	16.00
VACIOS PROMEDIO (%)	10.7
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM. (%)	0.4
HUMEDAD ABSORBIDA PROM. (%)	3.2
PERDIDA DE ESTABILIDAD PROM. (%)	23.2
ESTABILIDAD	805.4
RELLENO MINERAL (%)	1065



**ENSAYO DE ADHERENCIA EN AGREGADO FINO RIEDEL WEBER**

EMULSIÓN CATIONICA DE ROTURA LENTA CSS-1H

MTC E 220

**SOLICITA / PETICIONARIO:** BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
**TESIS :** MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE  
RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA  
MECANICA, HUANCAYO 2018  
**MUESTRA N° / UBICACION :** EMULSION CSS-1H  
**UBICACION DE ENSAYO :** DISTRITO CHILCA  
**PROVIN :** HUANCAYO  
**REGION :** JUNIN

**TECNICO :** J.L.C.C  
**FECHA :** 11/07/2019

MUESTRA	DESPRENDIMIENTO PARCIAL		DESPRENDIMIENTO TOTAL	
	NUMERO	LETRA	NUMERO	LETRA
AGREGADO FINO + CSS-1H	3	TRES	4	CUATRO

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestras de agregados provistas e identificadas por el testista
- 2.- El ensayo se realizo sobre agregado fino entre lo tamices N° 30 y N° 70
- 3.- Emulsión utilizada CSS-1H





**EMULSIÓN CSS-1H**

EMULSIÓN CATIONICA DE ROTURA LENTA

ASTM D 244 / EG-2013, SECCIÓN 4.85

**SOLICITA / PETICIONARIO:**  
**TESIS :**

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE

**MUESTRA N° / UBICACION :**  
**UBICACION DE ENSAYO :**

MEZCLA ASFALTICA EN FRIJO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL  
PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018

EMULSION CSS-1H

**DISTRITO :** CHILCA

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**REGION :** JUNIN

**TECNICO :**

**FECHA :**

J.L.C.C

11/07/2019

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MINIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 244	sf	20	100	38
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO, 24 Horas	D 244	%	-	1	0.6
RESIDUO POR EVAPORACIÓN, 163 °C, 3 Horas	D 244	%	57	-	61.5
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 244	%	-	0.1	0
CARGA DE PARTICULA	D 244		0		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25 °C, 100 g, 5 seg.	D 5	dmm	40	90	88
DUCTILIDAD, 25 °C, 5 cm/min	D 113	cm	40	-	76

**OBSERVACIONES:** El producto cumple especificaciones ASTM D 2397  
Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada



**ENSAYO CANTABRO**

DESGASTE DE LA MEZCLA ASFALTICA EN FRIO  
MTC E 207

SOLICITA / PETICIONARIO  
TESIS

BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA  
UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018

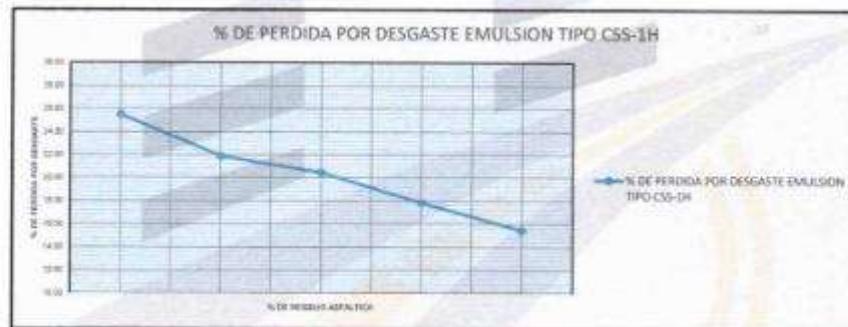
MUESTRA N° - UBICACION  
UBICACION DE ENSAYO

PLANTA CHANCADORA RIO SECO - SAN LORENZO  
DISTRITO CHILCA  
PROVINCIA HUANCAYO  
REGION JUNIN

TECNICO : J.L.C.C  
FECHA : 21/07/2019

**ENSAYO CANTABRO**

MEZCLA ASFALTICA EN FRIO	N° DE MUESTRA	CAPA	EMULSION ASFALTICA	GRADACION	% DE RESIDUO ASFALTICO	% DE PERDIDA POR DESGASTE
	1	CARPETA ASFALTICA	CSS-H	MDF-3	5.00	25.00
	2	CARPETA ASFALTICA	CSS-H	MDF-3	5.35	21.90
	3	CARPETA ASFALTICA	CSS-H	MDF-3	5.50	20.40
	4	CARPETA ASFALTICA	CSS-H	MDF-3	5.85	17.85
	5	CARPETA ASFALTICA	CSS-H	MDF-3	6.00	15.45





**CALCULO TENTATIVO DE RESIDUO ASFALTICO Y RECUBRIMIENTO**

MODIFICADO ILLINOIS

**SOLICITA / PETICIONARIO:** BACH. ING. CIVIL AMES MEJIA HIVO FREDIE  
**TESIS:** MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACION DE RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018  
**MUESTRA N° / UBICACION:** PLANTA CHANCADORA DE RIO SECO - SAN LORENZO  
**UBICACION DE ENSAYO:** **DISTRITO:** CHILCA  
**PROVINCIA:** HUANCAYO **TECNICO:** J.L.C.C.  
**REGION:** JUNIN **FECHA:** 10/07/2019

CALCULO DEL PORCENTAJE DE RESIDUO ASFALTICO TIPO CSS-1H. (MÉTODO MARSHALL MODIFICADO).	
$RA = 0.032a + 0.045b + kc + K$	
a	32.64
b	58.3
c	3.06
k	0.2
K	1.50
PORCENTAJE TENTATIVO DE EMULSION ASFALTICA ES 9.55%	

EMULSION 9.55 %  
 60.5% 5.78 % ASFALTO RESIDUAL  
 39.5% 3.77 % APOORTE DE AGUA

ENSAYO VISUAL - RECUBRIMIENTO				
% AGUA	INC. AGUA	1/2 HORA	1 HORA	1 1/2 HORA
5%	1.23			
6%	2.23	70%	100%	OK
7%	3.23	50%		
8%	4.23			
9%	5.23			

% DE AGUA	5%	6%	7%	8%	9%
ESTABILIDAD	610 KG	810 KG	790 KG	750 KG	650 KG
		OK			



*Anexo N° 3: Certificados de calibración de equipos*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 047 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

1. Expediente	190150	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CISAC PERU E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN	
4. Equipo	PRENSA MULTIENSAYO	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual esté en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad	50 kN	
Marca	UTEST	
Modelo	UTM-0108	
Número de Serie	18/002113	
Identificación	NO INDICA	METROLOGÍA & TÉCNICAS 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.
Procedencia	TURQUIA	
Ubicación	NO INDICA	
5. Indicador	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	UTEST	
Número de Serie	18/002113	
División de Escala / Resolución	0,01 kN	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
6. Fecha de Calibración	2019-02-15	



Fecha de Emisión: 2019-02-15  
Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



JUAN C. QUISPE MORALES

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 047 - 2019***Área de Metrología*  
*Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**8. Lugar de calibración**

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.  
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**9. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	25,7 °C	25,7 °C
Humedad Relativa	88 % HR	88 % HR

**10. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Ceidas patrones calibrados en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C

**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 942 633 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942633342 / #971439282

RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**Área de Metrología**

Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 047 - 2019**

Página 3 de 3

**12. Resultados de Medición**

El equipo presenta CELDA DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 5t

Marca : KELI

Modelo : LFSC-A

N° de Serie : 52A4554

Indicación del Equipo %	$F_1$ (kgf)	Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			Error de Exactitud $q$ (%)	Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
		$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)		
10	5	509,1	508,9	508,3	0,15	0,24
20	10	1018,5	1018,4	1018,5	0,12	0,24
30	15	1529,6	1529,8	1529,5	0,00	0,24
40	20	2038,4	2038,7	2039,5	0,03	0,24
50	25	2548,4	2548,7	2049,3	7,02	0,24
60	30	3059,8	3060,3	3060,8	-0,04	0,24
70	35	3569,2	3569,7	3670,3	-0,02	0,24
80	40	4078,6	4078,2	4079,9	-0,01	0,24
90	45	4589,6	4590,2	4591,1	-0,03	0,24
100	50	5098,7	5099,1	5100,4	-0,02	0,24

MAXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )

0,00 %

**13. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 087 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	190150
2. Solicitante	CISAC PERU E.I.R.L.
3. Dirección	Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN
4. Equipo de medición	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
Capacidad Máxima	4000 g
División de escala (d)	0,1 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHAUS
Modelo	TAJ4001
Número de Serie	8339100119
Capacidad mínima	5 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**5. Fecha de Calibración** 2019-02-15

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15

  
JUAN C. QUISPE MORALES

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 087 - 2019**Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Masa de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego Vipol, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	28,2 °C	28,2 °C
Humedad Relativa	62 %HR	63 %HR

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL LM-060-2018	PESAS(Clase de Exactitud: E2)	INACALLM-446-2018
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-051-2018 / LM-443-2018.	PESAS(Clase de Exactitud: M1)	METROIL M-1327-2018
PESAS (Clase de exactitud F2)DM- INACAL LM-534-2018.		

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO



Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 0971439272 / 0942635342 / 0971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 087 - 2019

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

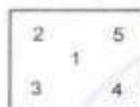
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1 = 2 000,0 g			Carga L2 = 4 000,0 g			
	l (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	l (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	
1	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
2	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
3	2 000,0	50	0	4 000,1	60	90	
4	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
5	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
6	2 000,1	50	100	4 000,1	60	90	
7	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
8	2 000,0	60	-10	4 000,0	50	0	
9	2 000,0	60	-10	4 000,1	60	90	
10	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
Diferencia Máxima			110	Diferencia Máxima			90
Error Máximo Permisible			$\pm 200$	Error Máximo Permisible			$\pm 300$



##### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición  
de las  
cargas

Temperatura	Inicial	Final
	28,2 °C	28,2 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	$\Delta L$ (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	1,0 g	1,0	50	0	1 300,0	1 300,0	50	0	0
2		1,0	50	0		1 300,0	50	0	0
3		1,0	60	0		1 300,1	60	90	90
4		1,0	50	0		1 300,0	50	0	0
5		1,0	50	0		1 300,1	60	90	90
Error máximo permisible								$\pm 200$	

\* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 8971439272 / 8942635342 / 8971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 087 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	28,2 °C	28,2 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p.**( ± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1,0	1,0	50	0						
5,0	5,0	50	0	0	5,0	50	0	0	100
10,0	10,0	50	0	0	10,0	50	0	0	100
20,0	20,0	50	0	0	20,0	50	0	0	100
50,0	50,0	50	0	0	50,0	50	0	0	100
100,0	100,0	50	0	0	100,0	50	0	0	100
200,0	200,0	50	0	0	200,0	50	0	0	100
500,0	500,0	50	0	0	500,0	60	-10	-10	100
1 000,0	1 000,0	50	0	0	1 000,0	60	-10	-10	200
2 000,0	2 000,1	60	90	90	2 000,0	50	0	0	200
4 000,0	4 000,2	70	180	180	4 000,2	70	180	180	300

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.



Lectura corregida  $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000362 R$

Incertidumbre expandida de medición  $U = 2 \times \sqrt{(0,00423 \text{ g}^2 + 0,00000000072 \text{ R}^2)}$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 8971439272 / 8942635342 / 8971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 086 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Masa*

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>190150</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>CISAC PERU E.I.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN</b>
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>10 g</b>
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>R31P30</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>8339380082</b>
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-02-15</b>

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función de uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión: 2019-02-15      Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15



**JUAN C. QUISPE MORALES**



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERU  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: 8971439272 / 8942635342 / 8971439282  
RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 086 - 2019**Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOP. Tercera Edición.

**7. Lugar de calibración**

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C  
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	28,2 °C	28,3 °C
Humedad Relativa	67 %HR	67 %HR

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL LM-060-2018	PESAS(Clase de Exactitud: E2)	LM-448-2018
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-051-2018 / LM-443-2018	PESAS(Clase de Exactitud: M1)	M-1327-2018
PESAS (Clase de exactitud F2) DM - INACAL LM-534-2018		
PESAS (Clase de exactitud E2) DM - INACAL LM-437-2017	PESAS(Clase de Exactitud M1)	M-0813-2018
PESAS (Clase de exactitud M1) DM - INACAL PE18-C-0412	PESAS(Clase de Exactitud M2)	CM-2495-2018

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (51) 540-0642  
Cel.: (51) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 086 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

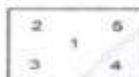
##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final  
28,2 °C 28,3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15 000 g			Carga L2 = 30 001 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
3	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,5	0,0	
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	-1,0	
6	15 001	0,5	1,0	30 000	0,6	-1,1	
7	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	-1,0	
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
9	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
10	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-1,1	
Diferencia Máxima			1,1	Diferencia Máxima			1,1
Error Máximo Permisible			± 20,0	Error Máximo Permisible			± 30,0



##### ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición de las cargas

Temperatura Inicial Final  
28,3 °C 28,3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>				
	Carga Mirama*	I (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10 g	10	0,5	0,0	10 000	10 000	0,5	0,0	0,0
2		10	0,5	0,0		10 001	0,7	0,8	0,8
3		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9
4		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9
5		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0
Error máximo permisible								± 20,0	

\* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mt. F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERU

Tel: (511) 540-0642

Col: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 8971439272 / 8942635342 / 8971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 086 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 4 de 4

#### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	28,3 °C	28,3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p.** (± g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0,5	0,0						
20	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	10,0
100	100	0,5	0,0	0,0	100	0,5	0,0	0,0	10,0
500	500	0,5	0,0	0,0	500	0,5	0,0	0,0	10,0
1 000	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	10,0
5 000	5 000	0,6	-0,1	-0,1	5 000	0,5	0,0	0,0	10,0
10 000	10 000	0,6	-0,1	-0,1	10 000	0,6	-0,1	-0,1	20,0
15 000	15 000	0,6	-0,1	-0,1	15 000	0,7	-0,2	-0,2	20,0
20 001	20 000	0,5	-1,0	-1,0	20 000	0,6	-1,1	-1,1	30,0
25 001	25 000	0,6	-1,1	-1,1	25 001	0,6	-0,1	-0,1	30,0
30 000	30 001	0,7	0,8	0,8	30 001	0,7	0,8	0,8	30,0

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.



Lectura corregida  $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000139 R$

Incertidumbre expandida de medición  $U = 2 \times \sqrt{(0,362 \text{ g}^2 + 0,00000000109 R^2)}$

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 012 - 2019***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>190150</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>CISAC PERU E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN</b>	
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Fabricante</b>	<b>A&amp;A INSTRUMENTS</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>181012</b>	
<b>Modelo</b>	<b>STMH-3</b>	
<b>Alcance de Indicación</b>	<b>9999 VUELTAS</b>	
<b>Div. de escala / Resolución</b>	<b>1 VUELTA</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>	
<b>Tipo de Indicación</b>	<b>DIGITAL</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-02-15</b>	
<b>6. Lugar de calibración</b>	<b>Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C. Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima</b>	



Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15


  
 JUAN C. QUISPE MORALES
**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERU

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 4971439272 / 4942635342 / 4971439282

RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 012 - 2019**

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al DM INACAL, tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	26,8 °C	26,9 °C
Presión Atmosférica	72,3 %	71,9 %

**9. Patrones de referencia**

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOPI, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Generador de Formas de Ondas Tektronix AFG3102	TACÓMETRO DIGITAL Exactitud de 0.02% de la lectura	INACAL/DM LTF-C-082-2018
PATRONES DE REFERENCIA DE INACAL / DM	REGLA METALICA de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,1 mm.	INACAL / DM LLA-052-2018
PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL	BALANZA - OHAUS Con clase de exactitud II	METROLOGIA & TECNICAS S.A.C. MT-LM-177-2018

**10. Resultados**

Determinación del vuelta/tiempo

Tiempo (seg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN			Giro de la Máquina (rpm)
	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	
0	0	0	0	0
60	32	32	32	32
120	64	64	64	32
180	96	96	96	32
240	128	128	128	32
300	160	160	160	32
360	192	192	192	32
420	224	224	224	32
480	256	256	256	32
540	288	288	288	32
600	320	320	320	32
660	352	352	352	32
720	383	383	383	31
780	415	415	415	32
840	447	447	447	32
900	479	479	479	32



Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 012 - 2019**

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 3 de 3

Características de las esferas		
Nº	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro (mm)	Peso (g)
1	46,68	417,3
3	46,69	416,8
4	46,68	417,4
5	46,67	417,3
6	46,68	417,4
7	46,68	417,4
8	46,68	417,4
9	46,68	417,4
10	46,68	416,9
11	46,68	417,3
12	46,68	417,3

## Características del tambor del equipo

Diámetro interior	710 mm
Longitud interior	513 mm



Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,00 mm y 47,63 mm.

Nota 2.- El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

Nota 3.- El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de  $711 \pm 5$  mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de  $508 \pm 5$  mm.

**11. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



Fin del documento

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (51) 540-0642

Cel.: (51) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 012 - 2019***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>190150</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>CISAC PERU E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN</b>	
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES</b>	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>Fabricante</b>	<b>A&amp;A INSTRUMENTS</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>181012</b>	
<b>Modelo</b>	<b>STMH-3</b>	
<b>Alcance de Indicación</b>	<b>9999 VUELTAS</b>	
<b>Div. de escala / Resolución</b>	<b>1 VUELTA</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>	
<b>Tipo de Indicación</b>	<b>DIGITAL</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-02-15</b>	
<b>6. Lugar de calibración</b>	<b>Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C. Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima</b>	



Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15


  
 JUAN G. QUISPE MORALES
**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mc F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf: (51) 540-0642

Cel.: (51) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)ventas@[metrologiatecnicas.com](mailto:metrologiatecnicas.com)WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 012 - 2019***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al DM INACAL, tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	26.8 °C	26.9 °C
Presión Atmosférica	72.3 %	71.9 %

**9. Patrones de referencia**

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOPI, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Generador de Formas de Ondas Tektronix AFG3102	TACÓMETRO DIGITAL Exactitud de 0,02% de la lectura	INACAL/DM LTF-C-082-2018
PATRONES DE REFERENCIA DE INACAL / DM	REGLA METALICA de 1000 mm con Incertidumbre de medición de 0,1 mm.	INACAL / DM LLA-052-2018
PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL	BALANZA - GHAUS Con clase de exactitud II	METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. MT-LM-177-2018

**10. Resultados**

Determinación del vuelta/tiempo

Tiempo (seg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN			Giro de la Máquina (rpm)
	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	
0	0	0	0	0
60	32	32	32	32
120	64	64	64	32
180	96	96	96	32
240	128	128	128	32
300	160	160	160	32
360	192	192	192	32
420	224	224	224	32
480	256	256	256	32
540	288	288	288	32
600	320	320	320	32
660	352	352	352	32
720	383	383	383	31
780	415	415	415	32
840	447	447	447	32
900	479	479	479	32

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 012 - 2019**

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 3 de 3

Características de las esferas		
Nº	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro (mm)	Peso (g)
1	46,68	417,3
3	46,69	416,8
4	46,68	417,4
5	46,67	417,3
6	46,68	417,4
7	46,68	417,4
8	46,68	417,4
9	46,68	417,4
10	46,68	416,9
11	46,68	417,3
12	46,68	417,3

## Características del tambor del equipo

Diámetro interior	710 mm
Longitud interior	513 mm

Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,00 mm y 47,63 mm.

Nota 2.- El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

Nota 3.- El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de  $711 \pm 5$  mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de  $508 \pm 5$  mm.

**11. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

Fin del documento

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LM - 086 - 2019**

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>190150</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>CISAC PERU E.I.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN</b>
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>10 g</b>
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>R31P30</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>8339380082</b>
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20-g</b>
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-02-15</b>

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15

  
**JUAN C. QUISPE MORALES**


**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERU

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 086 - 2019**Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Tercera Edición.

**7. Lugar de calibración**

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.  
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	28,2 °C	28,3 °C
Humedad Relativa	67 %MR	67 %HR

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL LM-060-2018	PESAS(Clase de Exactitud: E2)	LM-448-2018
PESAS (Clase de exactitud F1) DM-INACAL LM-051-2018 / LM-443-2018	PESAS(Clase de Exactitud: M1)	M-1327-2018
PESAS (Clase de exactitud F2)DM-INACAL LM-534-2018		
PESAS (Clase de exactitud E2) DM-INACAL LM-437-2017	PESAS(Clase de Exactitud M1)	M-0813-2018
PESAS (Clase de exactitud M1) DM-INACAL PE18-C-0412	PESAS(Clase de Exactitud M2)	CM-2495-2018

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf: (51) 540-0642  
Cel.: (51) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 086 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

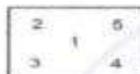
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 15 000 g			Carga L2 = 30 001 g			
	l (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	l (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
3	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,5	0,0	
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	-1,0	
6	15 001	0,5	1,0	30 000	0,6	-1,1	
7	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	-1,0	
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
9	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-1,0	
10	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-1,1	
Diferencia Máxima			1,1	Diferencia Máxima			1,1
Error Máximo Permisible			$\pm 20,0$	Error Máximo Permisible			$\pm 30,0$



##### ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición de las cargas

Temperatura	Inicial	Final
	28,3 °C	28,3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>				
	Carga Mínima*	l (g)	$\Delta L$ (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	l (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10 g	10	0,5	0,0	10 000	10 000	0,5	0,0	0,0
2		10	0,5	0,0		10 001	0,7	0,8	0,8
3		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9
4		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9
5		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0
Error máximo permisible								$\pm 20,0$	

\* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf: (511) 540-0642  
Cel: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 086 - 2019

Página 4 de 4

#### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	28,3 °C	28,3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0,5	0,0						
20	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	10,0
100	100	0,5	0,0	0,0	100	0,5	0,0	0,0	10,0
500	500	0,5	0,0	0,0	500	0,5	0,0	0,0	10,0
1 000	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	10,0
5 000	5 000	0,6	-0,1	-0,1	5 000	0,5	0,0	0,0	10,0
10 000	10 000	0,6	-0,1	-0,1	10 000	0,6	-0,1	-0,1	20,0
15 000	15 000	0,6	-0,1	-0,1	15 000	0,7	-0,2	-0,2	20,0
20 001	20 000	0,5	-1,0	-1,0	20 000	0,6	-1,1	-1,1	30,0
25 001	25 000	0,6	-1,1	-1,1	25 001	0,6	-0,1	-0,1	30,0
30 000	30 001	0,7	0,8	0,8	30 001	0,7	0,8	0,8	30,0

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza  
I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga adicional  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero  
E<sub>C</sub>: Error corregido



Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,0000139 R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,362 \text{ g}^2 + 0,00000000109 R^2)}$$

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 8971439272 / 8942635342 / 8971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 087 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente 190150

2. Solicitante CISAC PERU E.I.R.L.

3. Dirección Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN

4. Equipo de medición **BALANZA ELECTRÓNICA**

Capacidad Máxima 4000 g

División de escala (d) 0,1 g

Div. de verificación (e) 0,1 g

Clase de exactitud II

Marca OHAUS

Modelo TAJ4001

Número de Serie 8339100119

Capacidad mínima 5 g

Procedencia U.S.A.

Identificación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2019-02-15



Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15

  
JUAN C. QUISPE MORALES

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: 0971439272 / 0942635342 / 0971439282  
RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 087 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Masa de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego Vipol, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	28,2 °C	28,2 °C
Humedad Relativa	62 %HR	63 %HR

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL LM-060-2018	PESAS(Clase de Exactitud: E2)	INACALLM-448-2018
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-051-2018 / LM-443-2018.	PESAS(Clase de Exactitud: M1)	METROIL M-1327-2018
PESAS (Clase de exactitud F2)DM- INACAL LM-534-2018.		

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (51) 340-0642  
Cel.: (51) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: 8971439272 / 8942635342 / 8971439282  
RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 087 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOS	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Inicial Temperatura 28,2 °C			Final Temperatura 28,2 °C			
	Carga L1 = I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Carga L2 = I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
2	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
3	2 000,0	50	0	4 000,1	60	90	
4	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
5	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
6	2 000,1	50	100	4 000,1	60	90	
7	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
8	2 000,0	60	-10	4 000,0	50	0	
9	2 000,0	60	-10	4 000,1	60	90	
10	2 000,0	50	0	4 000,0	50	0	
Diferencia Máxima			110	Diferencia Máxima			90
Error Máximo Permisible			± 200	Error Máximo Permisible			± 300

##### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición  
de las  
cargas

Temperatura	Inicial	Final
	28,2 °C	28,2 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	1,0 g	1,0	50	0	1 300,0	1 300,0	50	0	0
2		1,0	50	0		1 300,0	50	0	0
3		1,0	50	0		1 300,1	60	90	90
4		1,0	50	0		1 300,0	50	0	0
5		1,0	50	0		1 300,1	60	90	90
Error máximo permisible								± 200	

\* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: 4971439272 / 4942635342 / 4971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 087 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	28,2 °C	28,2 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p.**( ± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1,0	1,0	50	0						
5,0	5,0	50	0	0	5,0	50	0	0	100
10,0	10,0	50	0	0	10,0	50	0	0	100
20,0	20,0	50	0	0	20,0	50	0	0	100
50,0	50,0	50	0	0	50,0	50	0	0	100
100,0	100,0	50	0	0	100,0	50	0	0	100
200,0	200,0	50	0	0	200,0	50	0	0	100
500,0	500,0	50	0	0	500,0	60	-10	-10	100
1 000,0	1 000,0	50	0	0	1 000,0	60	-10	-10	200
2 000,0	2 000,1	60	90	90	2 000,0	50	0	0	200
4 000,0	4 000,2	70	180	180	4 000,2	70	180	180	300

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.



Lectura corregida  $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000362 R$

Incertidumbre expandida de medición  $U = 2 \times \sqrt{(0,00423 \text{ g}^2 + 0,0000000072 \text{ R}^2)}$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (51) 540-0642

Cel.: (51) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: 9971439272 / 9942635342 / 9971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 047 - 2019***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**8. Lugar de calibración**

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.  
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**9. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	25,7 °C	25,7 °C
Humedad Relativa	68 % HR	68 % HR

**10. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C

**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 047 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza*

Página 3 de 3

**12. Resultados de Medición**

El equipo presenta CELDA DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 5t

Marca : KELI

Modelo : LFSC-A

Nº de Serie : 52A4554

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			Error de Exactitud q. (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
%	F <sub>i</sub> (kgf)	F <sub>1</sub> (kgf)	F <sub>2</sub> (kgf)	F <sub>3</sub> (kgf)		
10	5	509,1	508,9	509,3	0,15	0,24
20	10	1018,5	1018,4	1018,5	0,12	0,24
30	15	1529,6	1529,8	1529,5	0,00	0,24
40	20	2038,4	2038,7	2039,5	0,03	0,24
50	25	2548,4	2548,7	2049,3	7,02	0,24
60	30	3059,8	3060,3	3060,8	-0,04	0,24
70	35	3569,2	3569,7	3570,3	-0,02	0,24
80	40	4078,6	4079,2	4079,9	-0,01	0,24
90	45	4589,6	4590,2	4591,1	-0,03	0,24
100	50	5098,7	5099,1	5100,4	-0,02	0,24

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (t<sub>0</sub>)

0,00 %

**13. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Fin del Documento

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERU

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

*Anexo N° 4: Panel Fotográfico*

# “MEZCLA ASFALTICA EN FRIO CON INCORPORACIÓN DE RELLENO MINERAL PARA UNA ALTA RESISTENCIA MECANICA, HUANCAYO 2018”

## PANEL FOTOGRAFICO

FOTOGRAFÍA N° 1



Extracción de polvillo de roca (agregado fino) de la cantera de Rio Seco- San Lorenzo.

FOTOGRAFÍA N° 3



Extracción de piedra chancada (agregado grueso) de la cantera de Rio Seco- San Lorenzo.

FOTOGRAFÍA N° 2



Aquí se visualiza el material de la cantera de Rio Seco – San Lorenzo en su proceso de obtención.

FOTOGRAFÍA N° 4



Aquí se visualiza la limpieza del material de la piedra chancada de las impurezas.

FOTOGRAFÍA N° 5



Aquí se visualiza el material extraído de la cantera para el análisis de respectivo de los agregados pétreos.

FOTOGRAFÍA N° 7



Aquí se visualiza el tendido del material para el respectivo análisis granulométricos del agregado grueso.

FOTOGRAFÍA N° 6



Aquí se visualiza el material que será sometido a la máquina de los ángeles para calcular la dureza del material del agregado grueso.

FOTOGRAFÍA N° 8



Aquí se visualiza el material extraído de la máquina de los ángeles después de haber sido sometido a las revoluciones y tamizado por tamiz N° 12.

FOTOGRAFÍA N° 9



Aquí se visualiza al agregado grueso para el cálculo del peso específico compactado del agregado grueso.

FOTOGRAFÍA N° 11



Aquí se visualiza el pesaje del agregado grueso y fino para el diseño de la mezcla asfáltica en frío.

FOTOGRAFÍA N° 10



Aquí se visualiza al agregado grueso para el cálculo del peso específico compactado del agregado fino.

FOTOGRAFÍA N° 12



Aquí se visualiza el peso del agregado fino con una humedad propia del material extraída de la cantera.

FOTOGRAFÍA N° 13



Aquí se visualiza el peso del relleno mineral (Cemento Andino Tipo I) para la incorporación del diseño de mezcla asfáltica en frío.

FOTOGRAFÍA N° 15



Se puede observar los 3 recipientes para el cálculo del residuo asfáltico de la emulsión de rotura

FOTOGRAFÍA N° 14



Una vez sometido a una temperatura de 260°C por un tiempo de 20 minutos esperamos que se enfríe y procedemos a pesarlo

FOTOGRAFÍA N° 16



Obtención de datos del pesaje del agregado pétreo

FOTOGRAFÍA N° 17



Pesaje de la emulsión de rotura lenta en condiciones insitis antes de los ensayos.

FOTOGRAFÍA N° 19



Proceso de separación entre el agua y el residuo asfáltico para la obtención del porcentaje del residuo asfáltico.

FOTOGRAFÍA N° 18



Colocación al Horno con una temperatura de 260° C.

FOTOGRAFÍA N° 20



Análisis del ensayo de las caras fracturados del agregado grueso.

FOTOGRAFÍA N° 21



Ensayo de recubrimiento para la obtención del óptimo contenido de agua.

FOTOGRAFÍA N° 23



Compactación (75 golpes) para el diseño de mezcla para la obtención del óptimo contenido de agua.

FOTOGRAFÍA N° 22



Aquí se visualiza la adherencia entre los agregados el agua y la emulsión según el diseño obtenido.

FOTOGRAFÍA N° 24



Proceso de compactado 75 golpes cada cara de la briqueta simulación a una alta resistencia mecánica.

FOTOGRAFÍA N° 27



Proceso de compactado con la incorporación de relleno mineral.

FOTOGRAFÍA N° 29



Incorporación de relleno mineral en las proporciones analizadas en la presente investigación.

FOTOGRAFÍA N° 28



Briquetas analizas para el contenido de estabilidad húmeda y estabilidad seca.

FOTOGRAFÍA N° 30



Peso específico de las briquetas obtenidas con la elaboración de la emulsión de rotura lenta CSS-1H.

FOTOGRAFÍA N° 31



Proceso de cálculo de estabilidad húmeda colocando en la máquina de Baño María a una temperatura de 23.5

FOTOGRAFÍA N° 33



Ensayo de la estabilidad Marshall para un diseño de mezcla con incorporación de relleno mineral al 0.8%.

FOTOGRAFÍA N° 32



Rotura de briqueta con incorporación de relleno mineral al 1%.

FOTOGRAFÍA N° 34



Calibración de equipo de Marshall para la obtención de datos fiables.

FOTOGRAFÍA N° 35



Rotura de  
briquetas con  
incorporación de  
relleno mineral  
con incorporación  
de 0.50 %.

FOTOGRAFÍA N° 37



Ensayo cántabro  
para ver la  
durabilidad de las  
briquetas óptimas.

FOTOGRAFÍA N° 36



Proceso de  
revolución a 500  
revoluciones en un  
lapso de 15  
minutos.

FOTOGRAFÍA N° 38



Sellado y  
colocación de  
muestras para el  
proceso del ensayo