

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y  
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA  
ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE”**

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

**AUTOR**

**Bach. Jean Pool Jesús, PAJUELO HUERTO**

**ASESOR**

*Ing. Jerry Marlon DÁVILA MARTEL*

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2019**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

EAP INGENIERIA CIVIL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:20 horas del día 11 del mes de OCTUBRE del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores Nombrados mediante la Resolución N° 1193-2019-D-FI-UDH integrado por los docentes:

Mg. Johnny Prudencio LACHA ROJAS (Presidente)  
Mg. Martín César VALDIVIESO Echevarría (Secretario)  
Mg. Hanover Jonathan Díaz Jorge (Vocal)

Para calificar el Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada:

" RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y  
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN  
A NIVEL DE BASE "

....." presentado por el (la)  
Bachiller Jean Pool Jesús PAJUELO HUERTO....., para optar el  
Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE

Siendo las 15:22 horas del día 11 del mes de OCTUBRE del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme la mejor familia.

Dedico de manera especial a mis abuelos, Irene Cruz De Pajuelo y Lorenzo Pajuelo Ortiz (Mama Chela y Papa Lorenzo), por brindarme su apoyo incondicional, educación, y lecciones de vida, enseñándome que con esfuerzo, trabajo y perseverancia se consigue todo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser mi guía y darme la oportunidad de cumplir mis metas

A mis padres, Jesús Pajuelo Cruz y Janeth Huerto Lozano, por darme su apoyo incondicional para cumplir todas mis metas, proporcionándome la mejor educación.

A mi tíos, Joel Pajuelo, Jim Pajuelo y Jessy Pajuelo, por brindarme su apoyo, afecto, comprensión, consejos y ser parte de mi formación y que cada día aprendo de ellos.

A mis hermanos Jordan y Patrick, por su apoyo moral y por brindarme su afecto incondicional.

A la empresa Road Solutions y al Ing. Jim Pajuelo Cruz por brindarme la oportunidad de realizar las investigaciones sobre el tema y sobre todo por el conocimiento manifestado en esta rama hermosa que son las carreteras.

A mis abuelos Roberto Huerto y Paola Lozano, así como también a mis tíos Miriam Huerto, Luis Huerto, Cesar Huerto, Rosario Huerto y Franklin Huerto por brindarme el apoyo, afecto y consejos en mi formación.

A la Econ. Jaquelin Apac Fabian por brindarme su apoyo incondicional en todo momento y haber pasado buenos y malos momentos durante mi proceso de formación académica.

A todos mis amigos que me brindaron su apoyo durante el proceso de formación académica.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPITULO I.....	14
ASPECTOS DE LA ENTIDAD RECEPTORA .....	14
1.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.....	14
1.2. RUBRO.....	14
1.3. UBICACIÓN / DIRECCIÓN .....	14
1.4. RESEÑA.....	14
CAPITULO II.....	16
ASPECTOS DEL ÁREA O SECCIÓN.....	16
CAPITULO III.....	17
IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	17
3.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	17
3.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
3.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
3.1.2.1. Problema general.....	18
3.1.2.2. Problemas específicos .....	18
3.1.3. OBJETIVO GENERAL.....	18
3.1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3.1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
3.1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
3.2. MARCO TEÓRICO .....	21
3.2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
3.2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL .....	21
3.2.1.2. A NIVEL NACIONAL .....	22
3.2.1.3. A NIVEL LOCAL.....	23
3.2.2. BASES TEÓRICAS.....	24

3.2.2.1. Estabilización de suelos .....	24
3.2.2.2. Estabilización química.....	27
3.2.2.3. Especificaciones y requerimientos como diseño .....	28
3.2.2.4. Mezcla asfáltica en frío .....	55
3.2.2.5. Proceso para la emulsión.....	60
3.2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	92
3.2.4. HIPÓTESIS .....	95
3.2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	95
3.2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	95
3.2.5. VARIABLES.....	95
3.2.5.1. Variable dependiente .....	95
3.2.5.2. Variable independiente.....	95
3.2.6. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES.....	96
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	97
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	97
3.3.1.1. ENFOQUE .....	97
3.3.1.2. ALCANCE O NIVEL .....	97
3.3.1.3. DISEÑO .....	98
3.3.1.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	98
3.3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	98
3.3.2.1. Población .....	98
3.3.2.2. Muestra .....	98
3.3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	99
3.3.3.1. Para la recolección de datos .....	99
3.3.3.2. Para la presentación de datos .....	103
3.3.3.3. Para el análisis e interpretación de datos.....	103
CAPITULO IV .....	104
APORTES PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....	104
4.1. RESULTADOS .....	104
4.1.1. ESTUDIO Y EVALUACIÓN PRELIMINAR PARA EL DISEÑO	104
4.1.2. DISEÑO DE MEZCLA.....	111
4.1.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	123
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	127

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>131</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>132</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>135</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1: DIMENSIONES DE LA RANURA EN LA COPA CASA GRANDE</b> .....	35
<b>FIGURA 2: CARTA DE PLASTICIDAD</b> .....	37
<b>FIGURA 3: CURVA DE COMPACTACIÓN</b> .....	39
<b>FIGURA 4: CURVAS DE COMPACTACIÓN PARA DISTINTOS SUELOS</b>	40
<b>FIGURA 5: CURVA DE SATURACIÓN</b> .....	42
<b>FIGURA 6: COMPONENTES DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA</b> .....	55
<b>FIGURA 7: TIPOS DE RECICLADO</b> .....	56
<b>FIGURA 8: ESQUEMA DE UNA EMULSIÓN</b> .....	59
<b>FIGURA 9: EMULSIONES</b> .....	59
<b>FIGURA 10: FLUJO DE COMPONENTES EN LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN</b> .....	60
<b>FIGURA 11: COMPOSICIÓN DEL ASFALTO</b> .....	61
<b>FIGURA 12: AGENTE EMULSIONANTE</b> .....	62
<b>FIGURA 13: EMULSIONES SEGÚN SU CARGA</b> .....	62
<b>FIGURA 14: PROCESO DE ROTURA DE LA EMULSIÓN</b> .....	63
<b>FIGURA 15: EQUIPO DE ENSAYO INMERSIÓN EMULSIÓN-AGREGADO</b> .....	77
<b>FIGURA 16: DIAGRAMA DE DISEÑOS – 15 DISEÑOS</b> .....	117
<b>FIGURA 17: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - ESTABILIDAD</b> .....	120
<b>FIGURA 18: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - FLUJO</b> .....	122
<b>FIGURA 19: ESTABILIDAD (Ib) VS % ASFALTO RESIDUAL</b> .....	123
<b>FIGURA 20: DISTRIBUCIÓN NORMAL – ZONA DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO DE H0 (ESTABILIDAD)</b> .....	124
<b>FIGURA 21: FLUJO (0.01 Pulg.) VS % ASFALTO RESIDUAL</b> .....	125
<b>FIGURA 22: DISTRIBUCIÓN NORMAL – ZONA DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO H1.0 - FLUJO</b> .....	126
<b>FIGURA 23: DIAGRAMA DE LOS 15 DISEÑOS – SELECCIÓN DEL DISEÑO ÓPTIMO (1)</b> .....	127
<b>FIGURA 24: DIAGRAMA DE LOS 15 DISEÑOS – SELECCIÓN DEL DISEÑO OPTIMO (2)</b> .....	128



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TAMAÑOS DE MALLAS STANDAR .....	28
TABLA 2: ESCALA GRANULOMÉTRICA.....	28
TABLA 3: TAMAÑOS DE DIÁMETROS DE PARTÍCULAS .....	29
TABLA 4: GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS RECICLADOS EN FRIO IN SITU EMPLEANDO CEMENTO ASFALTICO .....	30
TABLA 5: AGREGADOS FINOS EN MEZCLAS RECICLADAS EN FRIO	38
TABLA 6: ESPECIFICACIONES PARA LA PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR BASADA EN LAS 698-91 DE LA ASTM.....	45
TABLA 7: ESPECIFICACIONES PARA LA PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR BASADA EN LAS 698-91 DE LA ASTM.....	45
TABLA 8: AGREGADOS FINOS EN MEZCLAS RECICLADAS EN FRIO-EQUIVALENTE DE ARENA.....	50
TABLA 9: AGREGADO GRUESO EN MEZCLAS RECICLADAS EN FRIO-DESGASTE DE LOS ÁNGELES.....	52
TABLA 10: REQUERIMIENTO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIÓNICA - DESTILACIÓN.....	53
TABLA 11: LIMITES SUGERIDOS PARA LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS .....	54
TABLA 12: NOMENCLATURA PARA EMULSIONES .....	64
TABLA 13: ENSAYOS PARA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	65
TABLA 14: ENSAYOS AL ASFALTO RESIDUAL .....	66
TABLA 15: ESPECIFICACIONES PARA EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIÓNICA.....	66
TABLA 16: HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN .....	84
TABLA 17: FACTORES DE CONVERSIÓN DE ESTABILIDAD .....	90
TABLA 18: UBICACIÓN DE LAS CALICATAS DE DONDE SE SACARON LAS MUESTRAS.....	99
TABLA 19: EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS MTC E 502 – ASTM D 2172 .....	104
TABLA 20: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 , NTP 400-012, ASTM D 422.....	105

<b>TABLA 21: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 205 – MTC E 206, NTP 400 021, NTP 400 022, ASTM C 127 Y ASTM C 128 .....</b>	<b>106</b>
<b>TABLA 22: LÍMITES DE ATTERBERG MTC E 110 Y E 111, NTP 339-129, ASTM D 4318 .....</b>	<b>107</b>
<b>TABLA 23: PROCTOR MODIFICADO MTC E 115, NTP 339-141, ASTM D 1557 .....</b>	<b>108</b>
<b>TABLA 24: PESO UNITARIO MTC E 203, NTP 400-017 .....</b>	<b>109</b>
<b>TABLA 25: EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114, NTP 339-146, ASTM D 2419 .....</b>	<b>109</b>
<b>TABLA 26: ABRASIÓN LOS ÁNGELES MTC E 207, NTP 400-019, ASTM C 535 .....</b>	<b>110</b>
<b>TABLA 27: DESTILACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS MTC E 401 ASTM D-244 .....</b>	<b>110</b>
<b>TABLA 28: INFORMACIÓN DE BRIQUETAS DE LOS DISEÑOS BASE ESTABILIZADA-RECICLADO-EMULSIÓN ASFÁLTICA .....</b>	<b>112</b>
<b>TABLA 29: FORMATO PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS CON EMULSIÓN .....</b>	<b>113</b>
<b>TABLA 30: PROMEDIOS-RESULTADOS DE DISEÑOS .....</b>	<b>114</b>
<b>TABLA 31: PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL DISEÑO (1) .....</b>	<b>115</b>
<b>TABLA 32: PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL DISEÑO (2) .....</b>	<b>115</b>
<b>TABLA 33: RESULTADOS DE DISEÑO ÓPTIMO .....</b>	<b>118</b>
<b>TABLA 34: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - ESTABILIDAD .....</b>	<b>119</b>
<b>TABLA 35: MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN - ESTABILIDAD .....</b>	<b>119</b>
<b>TABLA 36: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - FLUJO .....</b>	<b>120</b>
<b>TABLA 37: MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN - FLUJO .....</b>	<b>121</b>
<b>TABLA 38: RESULTADOS DEL DISEÑO ÓPTIMO .....</b>	<b>129</b>
<b>TABLA 39: PARÁMETROS DE DISEÑO (1) .....</b>	<b>130</b>
<b>TABLA 40: PARÁMETROS DE DISEÑO (2) .....</b>	<b>130</b>

## INTRODUCCIÓN

Entre los eventos que en mayor proporción desechos genera es la construcción, dentro del cual se encuentra el rubro de carreteras.

En la indagación de alternativas para comprimir este impacto ambiental, han ido generándose nuevos conceptos y principios dentro de un marco denominado "sostenibilidad", donde la base de los "3 puntos fundamentales" (disminuir, Reciclar y transformar), ha apoyado a comprimir la elaboración y acopio de desechos atreves de técnicas constructivas que utilizan materiales reciclados.

Los procedimientos de reciclado se realizaron a partir de la técnica actual en el medio de las mezclas asfálticas. Cuando el conocimiento de reciclado se emite a mezclas asfálticas en frío, medio a estudiar de un criterio de lo que nos rodea, las ganancias son bastantes mayores que los conocimientos de reciclado en caliente.

Se mencionan antecedentes que han dado lugar al desenvolvimiento de la tesis, los objetivos que se busca alcanzar al realizar el análisis y el ordenamiento del trabajo de laboratorio para lograrlos.

Se realiza un estudio de la fase de la virtud sobre lo que fue los inicios y la realización en el transcurso del tiempo de esta técnica como parte de una gestión de residuos en algunos países.

Se desarrolla el marco teórico, donde se desarrollan los fundamentos básicos que deben conocerse para el entendimiento de los temas enmarcados en el estudio, y se explica la técnica de diseño seguida para la investigación, especificando paramétricamente las etapas a desarrollar y los estudios a realizar para la consecución de las misiones propuestas.

Inicialmente se detallarán los pasos para la determinación de las propiedades de los materiales para su incorporación en la mezcla, posteriormente, se explicara el desarrollo de diseño de la mezcla asfáltica.

Teniendo en cuenta la técnica de diseño, se procesan y evalúan los datos resultantes en función a pruebas de laboratorio realizados al material

reciclado, a la emulsión asfáltica y a la mezcla asfáltica final, haciendo uso del diseño de mezcla Marshall modificado, en base a estos resultados, podrá valorarse si es posible o no el cumplimiento de los objetivos propuestos en la tesis.

## **RESUMEN**

La utilización desmedida de nuestros bienes oriundos en la construcción y rehabilitación de nuestras carreteras, igualmente la proliferación de la profanación ambiental ha conllevado a crear nuevos sistemas de encargo y producción más eficientes y que tengan una sostenibilidad en procesos de fábrica que estén encaminadas a minimizar el impacto concerniente a lo que nos rodea.

Actualmente la determinación y ejecución de la técnica de reutilización de calzadas y emulsiones asfálticas ha otorgado valorar alternativas de posibilidad para esta problemática.

La investigación desarrolla los estudios evaluados entretanto el progreso del sondeo, los cuales contemplan la identificación de la mezcla asfáltica y de cada unidad de sus componentes, quiere decir preliminarmente la evaluación y estudio del material reciclado en su verdadera magnitud para luego afirmar su reutilización y desarrollar los diseños con la dosificación de emulsión asfáltica y así optar un óptimo para el logro de la estabilidad a nivel de base y con ello otras características importantes para la nueva base. .

Los resultados obtenidos a ras de laboratorio ponen de evidente la oportunidad de reutilizar el material reciclado como cambio arbitrario de los materiales oriundos y, contiguo a la emulsión asfáltica, contribuir en la fabricación de mezclas asfálticas en frío.

### **PALABRAS CLAVES:**

Reciclado de pavimentos flexibles, dosificación de emulsión asfáltica, diseño, estabilidad, nivel de base.

## **ABSTRACT**

The excessive use of our native goods in the construction and rehabilitation of our roads, also the proliferation of environmental desecration has led to the creation of new, more efficient custom and production systems that have a sustainability in factory processes that are aimed at minimizing the impact concerning our surroundings.

Currently, the determination and execution of the reuse technique of asphalt roads and emulsions has allowed us to assess alternative possibilities for this problem.

The research develops the studies evaluated in the meantime the progress of the survey, which contemplate the identification of the asphalt mixture and of each unit of its components, means preliminary evaluation and study of the recycled material in its true magnitude to then affirm its reuse and develop the designs with the asphalt emulsion dosage and thus opt for an optimum for achieving stability at the base level and with it other important features for the new base. .

The results obtained at the laboratory level show the opportunity to reuse the recycled material as an arbitrary change of the native materials and, adjacent to the asphalt emulsion, contribute to the manufacture of cold asphalt mixtures.

### **KEYWORDS:**

Flexible floor recycling, asphalt emulsion dosage, design, stability, base level.

## CAPITULO I

### ASPECTOS DE LA ENTIDAD RECEPTORA

#### 1.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Road Solutions E.I.R.L.

#### 1.2. RUBRO

Carreteras.

#### 1.3. UBICACIÓN / DIRECCIÓN

Gerente	:	Geni Hidalgo Salas
Región	:	Lima.
Departamento	:	Lima.
Provincia	:	Lima.
Distrito	:	San Isidro.
Dirección	:	Calle Puno 146, Urb. Santa Patricia II etapa-La Molina.

#### 1.4. RESEÑA

Road Solutions es una empresa que desde el año 2013 se dedica exclusivamente a la elaboración y ejecución de proyectos de construcción, rehabilitación, mejoramiento, conservación y/o mantenimiento de Infraestructura vial como también a la producción y aplicación de mezclas asfálticas en frío o caliente, Mezclas semilíquidas como morteros asfálticos, micro pavimentos, tratamientos superficiales mono capa, bicapa, multicapa, imprimaciones, riegos de liga, ruteo, sellado de fisuras, fresado, reciclado de pavimentos y estabilización de suelos, también a la comercialización de emulsiones asfálticas convencionales y modificadas con polímeros.

El conocimiento de sus colaboradores, altamente capacitados y especializados en la utilización de tecnología aplicada a la infraestructura vial, es la ventaja competitiva, que complementado con maquinaria nueva y de última tecnología, ha logrado obtener un merecido reconocimiento de su trabajo a nivel nacional.

Esforzándose constantemente en conseguir un éxito sostenible en la industria de la construcción vial.

Road solutions busca Posicionarse como la mejor empresa, con reconocimiento internacional. Todo ello a través del desarrollo de los proyectos en tiempos óptimos; la mejora continua de nuestros procesos, la gestión de capital humano y el respeto a las normas para la conservación del medio ambiente; para así brindar siempre servicios de calidad a nuestros clientes.



## **CAPITULO II**

### **ASPECTOS DEL ÁREA O SECCIÓN**

Road Solutions tiene como definición de calidad de servicio al cliente el cumplir con los parámetros propuestos del cliente y optimizar en el marco administrativo, logístico, producción, calidad, etc.

Ya que el satisfacerlos debe ser parte fundamental de la filosofía del negocio y el enfoque central del plan estratégico de la empresa, para ello en desarrollo se emplean los métodos más actualizados en la ejecución de nuestros proyectos, de acuerdo con el contrato.

Cuentan con una amplia red de subcontratistas, empresas de confianza y reconocidas en el sector especializadas en diversos tipos de trabajos. Esto permite equilibrar la carga de trabajo y ejecutar los proyectos de forma eficiente y puntual.

## **CAPITULO III**

### **IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **3.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La calzada de la vía regional Huánuco está sujeto a la interacción continua del tráfico y de la meteorología. Mencionados fenómenos, conjuntamente con el desgaste del agregado existente, desarrollan la propagación de un mal estado en progreso de la calzada. Esta decrepitud de la calzada, trae como resultado la degradación progresiva de los parámetros de seguridad y confort del tráfico, que al exceder datos cuantitativos es fundamental una medida de una operación de conservación.

Este factor es de gran importancia por el efecto que tiene de trasladar o mover los bienes. El costo fundamental para la conservación, como también las dificultades de la naturaleza que se manifiestan, ratifican la investigación de novedosas técnicas que logran rebajar costes y sean respetuosas con el contexto. En este pasaje, el reciclado de firme, en propuesta de sistematizar los bienes, forma un nuevo papel principal y se vuelve en una necesidad.

El incremento de perceptibilidad demográfica en relación a proteger el medio que nos rodea ha desarrollado que la ley sea hoy mucho más cuidadosa a comparación del pasado. Esto dificulta la obtención de materias primas adecuadas, aumentando su costo y el de su traslado hasta la obra, ya que no es casual que se de en el medio donde se necesitan. Así mismo, es de gran la dificultad para obtener un botadero para los materiales excedentes extraídos de la plataforma a precio razonable. Estos inconvenientes son dables comúnmente en medios urbanos.

El residuo de los agregados en mal estado de la plataforma, como también de generar alteraciones vinculados con la obtención de nuevas materias y con su vertido, en consecuente es contraproducente desde la apreciación técnica, ya que estando desgastados y en mal estado mantiene sus aspectos y características. El fresado y reutilización del conglomerado asfáltico estima un considerable ahorro, de modo que solicita de 1% a 3% de

aditivo a añadir, por el contrario en un reciente concreto asfáltico es necesario por encima del 5.5%. Este factor en conjunto con el mínimo costo de traslado como también la poca energía a utilizar en la elaboración de una calzada reciclada, llegando así que el ahorro energético sea de gran importancia respecto de la construcción convencional de pavimentos.

### **3.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **3.1.2.1. Problema general**

- ¿será posible que el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica nos garantizará la obtención de la estabilización (Lb) a nivel de base en la nueva capa?

#### **3.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿será posible que el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica garantizará los parámetros de comportamiento deseados para el flujo (0.01 pulg.) en la capa conformante?
- ¿será posible que el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica garantizará el comportamiento en general para el flujo (0.01 pulg.) en la capa conformante?

#### **3.1.3. OBJETIVO GENERAL**

- Estabilizar (Lb) a nivel de base el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica.

#### **3.1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica para los parámetros de comportamiento deseados del flujo (0.01 pulg.) en la capa conformante.
- Evaluar el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica para el comportamiento en general del flujo (0.01 pulg.) en la capa conformante.

### **3.1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La actual investigación se justifica ya que ampliará los conocimientos sobre el fresado y reutilización de pavimentos flexibles y dosificación de emulsión asfáltica, la instrucción que se tiene hasta el momento sobre este tema en mención solo se encuentra difundido en publicidad y folletos de carácter superficial siendo así dificultoso informarse de manera integral en dicho tema, los resultados obtenidos de esta indagación servirán como referente a estudiantes, investigadores y profesionales vinculados con la parte vial para poder optar por el presente método en carreteras por ende se tiene en estado de envejecimiento y así darle un nivel de confort y serviciabilidad optima, por lo que la investigación presenta en detalle el diseño de la capa reciclada con emulsión asfáltica.

Las comprobaciones de la indagación que se realizó sobre el frezado y reutilización de pavimentos flexibles con emulsión asfáltica, permiten plantear una opción de respuesta integral a la corrección de las características físicas y mecánicas de un pavimento flexible en mal estado, logrando así con el reciclado y la dosificación con la emulsión asfáltica la estabilización de una nueva capa a nivel de base, en carreteras pavimentadas del Perú y del departamento de Huánuco.

### **3.1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El actual estudio de indagación se plasma con limitaciones:

#### **➤ Espaciales**

La muestra de suelo que se utilizó para la indagación fue obtenida de la carretera central km 13+800 Huánuco-Tingo María, distrito de Santa María del Valle-provincia de Huánuco-Departamento de Huánuco.

#### **➤ Económicas**

Se limitan en la parte económica con el financiamiento propio para dar a realizado los estudios y la evaluación de la búsqueda, por lo que fueron solventados en su contexto por mi persona.

➤ **Tecnológicas**

En el presente trabajo de investigación se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

Análisis Granulométrico	NTP 400-012-2001
Clasificación de suelos	NTP 339-134-1999
Peso Específico.	NTP 339-131-1999
Determinación del Límite Líquido.	NTP 339-129-1999
Determinación del Límite plástico.	NTP 339-129-1999
Proctor modificado	NTP 339-141-1999

**3.1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El actual estudio es viable en los siguientes términos:

➤ **Recursos financieros**

Los costos que se generó al realizar el estudio se generaron por mi persona.

➤ **Recursos humanos**

Se tuvo como patrón el asesoramiento de la cátedra, asesoramiento externo de expertos en el tema y un equipo asistencial en la recopilación de la muestra en campo y realización de las pruebas y el diseño en su verdadera magnitud realizada en el laboratorio.

➤ **Recursos materiales**

En este ítem se tuvo la incidencia de los materiales para los ensayos antes mencionados, así como también en el diseño, se contó con el insumo de mayor análisis que es la emulsión asfáltica y esto en su conjunto hicieron dable la ejecución del estudio y análisis en mención.

## **3.2. MARCO TEÓRICO**

### **3.2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

ROBLES (2009), "GUÍA PARA DISEÑAR LA REHABILITACIÓN DE UNA RUTA MEDIANTE EL USO DE ASFALTO ESPUMADO; RECICLANDO EL PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE", Tesis para optar el título de ingeniero constructor (Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela de Construcción Civil). Cuyo objetivo general es: Entregar una guía para realizar un diseño práctico de un pavimento asfáltico en la cual se entreguen conocimientos sobre la rehabilitación de pavimentos, reciclado en frío in-situ y la tecnología de asfalto espumado, procesos para los cuales se debe manipular herramientas de laboratorio y maquinaria de reciclado. Con esta tecnología de reciclado en frío in-situ se busca aprovechar los materiales existentes y ayudar con la conservación del medio ambiente, disminuyendo considerablemente el consumo de energía.

Así como también se presenta sus conclusiones siguientes: El reciclado en frío in-situ es una opción innovadora y que posee bastantes ventajas ecológicas y económicas. Su principal arma de trabajo es la recicladora propiamente tal, la cual realiza la acción de frezar a distintos espesores y mezclar con el ligante.

Cualquier proyecto de reciclado utilizando asfaltos espumados requiere de un análisis profundo de la ruta, parametrizando la situación actual de la calzada así como también el objeto a obtener de la ruta.

El asfalto espumado se ha convertido al pasar los años en una excelente alternativa de conservación de caminos ya sea como estabilizador o realizando un reciclado de pavimento asfáltico existente, disminuyendo fuertemente el consumo energético y el costo final del proyecto.

Los dos criterios relevantes para la decisión del asfalto espumado pertenece a la razón de expansión y vida media, por ende se debe estudiar de buena forma los porcentajes de agua y temperaturas del asfalto a utilizar en la mezcla.

Dentro de las ventajas más importantes que se pueden extraer al utilizar un reciclado en frío con asfalto espumado se encuentra: reutilización

del material existente en ruta, impidiendo la producción de nuevos áridos, lograr una alta categoría de las capas estructurales recicladas, menores tiempos de construcción los cuales además también disminuyen los costos y generan un beneficio a los usuarios del camino, seguridad, pues el tren de reciclado se puede acomodar en el ancho de una pista, entre otras.

A pesar de ser el asfalto espumado un aditivo que proporciona un fortalecimiento de varios años en el mercado, al comenzar esta memoria me he percatado que aún no es un tema que se conozca masificadamente entre las personas involucradas en el campo de las construcciones local, ya que muchas no conocen ni han oído hablar de esta tecnología de reciclado in-situ desarrollado con el método de asfalto espumado.

### **3.2.1.2. A NIVEL NACIONAL**

GALVÁN (2015), CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO RECICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA. Tesis de Grado de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú 2015, cuyo objetivo es: Determinar criterios de análisis y diseño del comportamiento de una mezcla asfáltica en frío, producida con pavimento reciclado y emulsión asfáltica.

Así como también se presenta sus conclusiones siguientes: Debido a la evaluación de la gradación del agregado reciclado, el material no obedece con los husos granulométricos para una granulometría tipo "A" en consecuencia de falta de material gravoso en su composición, por ende no procede utilizarlo como único material pétreo en la mezcla asfáltica.

La combinación de agregado reciclado con material gravoso nuevo, para la ocasión piedra chancada, corrige la gradación total y consigue ejecutar con las mismas exigencias que se plantean para una mezcla convencional al emplear por cada material un 50% del contenido total. La gradación para la mezcla proporciona un inferior valor de absorción y una gravedad específica adecuada e igual a 2.581 g/cm<sup>3</sup>, propiedades importantes por motivo de poca proporción de agregado fino en comparación a los husos granulométricos planteados.

El aditivo asfáltico a usar tiene que ser del tipo catiónica CSS-1 h, para que así se logre evitar problemas de adherencia que puedan originarse al realizar la mezcla, por efecto de la incidencia de dos materiales de diferentes procedencias. Con el producto de la prueba de recubrimiento, empleado en definir la adherencia de la emulsión con el material, se logra un buen resultado al obtener resultados con la especificación mínima que indica el manual MS-14, obteniendo un recubrimiento del 90%.

### **3.2.1.3. A NIVEL LOCAL**

BACH. ESPINOZA, BACH. VILDOSO (2014), “ESTUDIO DE LA TÉCNICA DEL RECICLADO CON ASFALTO ESPUMADO EN LAS CARRETERAS LA OROYA – CHICRÍN – HUÁNUCO – TINGO MARÍA – DV. TOCACHE Y CONOCOCHA – YANACANCHA” Tesis para optar el grado de ingeniero civil- Universidad Ricardo Palma-Facultad de Ingeniería-Escuela Profesional de Ingeniería Civil. El objetivo general de la investigación es: Establecer las ventajas de la aplicación del Reciclado con Asfalto Espumado respecto a técnicas convencionales similares en la etapa de Post-Intervención entre las carreteras de La Oroya –Chicrín –Huánuco –Tingo María –Dv. Tocache y Conococha –Yanacancha en los años del 2007 al 2013.

Así como también se presentan las conclusiones siguientes: El rendimiento diario que se obtuvo al utilizar el método del RPAE, en las vías de estudio, fue alto y favorable en comparación en la utilización de una Técnica Convencional, debido a que se empleó aproximadamente la mitad del tiempo.

La demora en apertura el tránsito no fue un obstáculo durante la ejecución del mantenimiento en la carretera Conococha-Yanacancha, por ende su proceso constructivo no interfirió en el tránsito de los móviles por media calzada debido al mayor ancho de la vía, por otro lado, la carretera La Oroya – Chicrín – Huánuco-Tingo María - Dv.Tocache permitió la apertura todas las tardes después de la jornada sin inconvenientes para el reciclado recién trabajado, ya que la vía era de menor ancho. De esta manera, fue posible reducir la interferencia del tráfico.



La resistencia estructural superó los límites mínimos indicados en los expedientes de cada carretera, mediante las pruebas en Deflectometría y Tracción Indirecta, demostrando así la durabilidad de la base estabilizada.

### **3.2.2. BASES TEÓRICAS**

#### **3.2.2.1. Estabilización de suelos**

Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito 10, (2008), la estabilización de suelos tiene por meta abordar por diversos medios la duración de ellos, para cualquier situación de lapso y de trabajo, entendiendo por estabilidad la duración en el plazo de las características mecánicas obtenidas al instante de la reconstrucción. Estos medios o procesos van a partir de la inscripción a los suelos de materiales o nuevos elementos que proporcionen estabilidad, hasta el establecimiento de verdaderos mecanismos de protección frente al acto de las fuerzas climáticas. La estabilización quiere decir, no solo obtener como resultado el suelo con bastante resistencia al desgaste y deformación de parte de las cargas, sino también asegurar la significación, ya que de su existencia, depende la subsistencia del primero.

#### **Tipos de estabilizaciones**

Se tienen los siguientes tipos de estabilizaciones:

##### **A) Estabilización mecánica**

Comprende el manipuleo y compactación de los suelos para obtener su densificación.

La estabilización mecánica de un agregado se expresa en captar dimensión portante en el agregado recurriendo a ciertos cambios en él fuera de la urgencia de añadir intermediarios externos que transformen sus orígenes o condición.

La potencial portante significa conceder al terreno la facultad de soportar las cargas exteriores que se le atribuyen sin que se produzcan fallas como fractura o deformaciones excesivas.

Este mejoramiento totalmente se hace en la sub-base, base y en las carpetas asfálticas.

## **B) Estabilización física**

Trata de lograr una coherente gradación, mediante los materiales granulares o cohesivos o los dos, al primitivo suelo, a esta mezcla de agregados se le determina como la estabilización granulométrica que por sus medios no llega a dar efectos deseables, requiriendo de por lo mínimo la compactación como complemento. Los suelos de porción gravoso como los gruesos y finos poseen una elevada rugosidad interna lo que permite aguantar enormes dificultades, pero esta condición no hace que sea firme como para ser fijo en una calzada ya que al no poseer ligazón sus partículas se mueven autónomamente y con la marcha de los vehículos se pueden apartar e inclusive rebosar de la vía. Las arcillas, por lo inverso, tienen una gran conexión y tremendamente poca rugosidad lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucho contenido de agua. La mezcla correcta de ambos tipos de tierra da como consecuencia un agregado seguro en el que se puede conseguir la gran rugosidad interior de uno y la conexión del otro para que los gránulos se encuentren entrelazados. En la constitución de los materiales actúan en diversas fracciones granulométricas como gruesas, finas, limos y arcillas. Cada una de estas fracciones deberá ser compactada llegando a su máxima densidad. Es fijar que adentro de esta mezcla los gránulos más gruesos proporcionan rugosidad y firmeza al choque, el intermedio soporte de la estructura y las más finas el respaldo de delgadas películas de agua, que desarrollan una gran adhesión.

La estabilización granulométrica consiste en mezclar dos o más suelos para obtener un material de características admisibles para ser usado como subrasante o afirmado.

Los afirmados, extraídos de lugares naturales de material (agregados de yacimiento de cerro o de río), que poseen granulometría excelente, en que el material sin tratar se puede emplear concisamente, por lo que será obligatorio procesar el material para lograr la gradación necesaria. Es una mezcla de 3 tamaños o tipos de material: piedra, arena, y finos o arcilla. Si no se da una ideal mezcla de estos tamaños, el afirmado será negligente.

Las características de un terreno estabilizado granulométricamente se verifican con pruebas de laboratorio simples como plasmar la proporción granulométrica (tamizado) del límite líquido y del límite plástico. Para suelos granulares y finos, se utilizará el ensayo AASHTO T27 (ASTM C136), en el ensayo AASHTO T11 para materiales finos obtenidos por lavado en la malla N°200 (ASTM C117) si se espera poseer una mezcla con estimable monto de material que pasa por la malla N°200 se podrá usar la prueba AASHTO T88 (ASTM D422).

### **C) Estabilización química**

Es el cambio de las características del material por efectos químicos del terreno mediante la suma de cementos orgánicos e inorgánicos y materiales herméticos.

Se utiliza algunas sustancias químicas patentadas su empleo conlleva al cambio de iones metálicos y modificación en la conformación de los suelos abarcados en el proceso. Hay diferentes materiales para realizar este tratamiento, que en general son de tipo industrial, siendo los principales:

Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es bastante económico.

Cemento Portland: incrementa la firmeza de los suelos y se utiliza esencialmente en arenas o gravas finas.

Productos Asfálticos: es una emulsión bastante empleada en agregado triturado sin ligazón.

Cloruro de Sodio: hermetizan y reducen las limaduras en el terreno, esencialmente para arcillas y limos.

Cloruro de Calcio: hermetizan y reducen las impurezas en el terreno, principalmente para arcillas y limos.

Escorias de Fundición: se emplea usualmente en calzadas asfálticas proporcionando superior firmeza, hermetizarla y alargar su existencia.

Polímeros: se emplea frecuentemente en calzadas asfálticas proporcionando una superior firmeza, hermetizándola y alargando su vida útil.

Hule de Neumáticos: se emplea frecuentemente en calzadas asfálticas generándole gran resistencia, hermetiza y alarga su vida útil.

Cualquier técnica de estabilización de suelos, se da por abarcar uno, o dos o todos los principios que se han mencionado. En el vocabulario carretero, suelen emplearse las siguientes expresiones, entre otras para elegir distintos tipos de estabilizaciones:

1. Compactación especial
2. Estabilización granulométrica
3. Suelo – Cal
4. Suelo – Cemento
5. Suelo – Betún
6. Estabilización con agentes químicos.

#### **3.2.2.2. Estabilización química**

afirma que la estabilización química de suelos es una conjunto de técnicas que se fundamenta en el empleo de un producto químico, generalmente llamado estabilizador químico, por ende se debe mezclar homogéneamente con el suelo a trabajar y remediar en relación a parámetros propios del producto. La utilización de un aditivo químico se presenta con una meta primordial de trasladar al suelo trabajado, en un grosor fijado, ciertas características fundamentales a perfeccionar sus características de conducta ya sea en la curso de construcción y/o de servicio.

Los estabilizadores químicos poseen una enorme gama, de tipos, entre ellos están sales, productos enzimáticos, polímeros y subproductos del petróleo. Los estabilizadores químicos pueden poseer consecuencias sobre una o varias de las características de desempeño del suelo, de acuerdo al tipo específico y condiciones de aplicación del estabilizador químico, así como del tipo de suelo tratado.

### 3.2.2.3. Especificaciones y requerimientos como diseño

#### 3.2.2.3.1 Análisis granulométrico por tamizado

Das Braja 15, (1985), en cualquier peso de suelo, los tamaños de los granúlos cambian grandemente. Para ordenar debidamente un suelo se debe saber su repartición granulométrica. La repartición granulométrica de suelos de granulo grueso es habitualmente clasificada por medio de un estudio de gradación por mallas.

Un análisis granulométrico por mallas se realiza tomando una dosis medida de suelo seco, bien pulverizado y tamizándolo por una cadena de mallas cada vez más chicas y con una charola en el fondo. La dosis de suelo retenido en cada malla se mide y el por ciento acumulado de suelo que pasa por cada malla es expresado. Este porcentaje es expresado el “porcentaje que pasa”, la actual tabla presenta una lista de los números de mallas más usados y el tamaño de sus aberturas. Estas mallas se usan comúnmente para el estudio de suelos para metas de clasificación.

**TABLA 1: TAMAÑOS DE MALLAS STANDAR**

Criba no.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

FUENTE: BRAJA M. DAS PAG. 8

**TABLA 2: ESCALA GRANULOMÉTRICA**

Partícula	Tamaño
Arcillas	< 0,002 mm
Limos	0,002-0,06 mm
Arenas	0,06-2 mm
Gravas	2-60 mm
Cantos rodados	60-250 mm
Bloques	>250 mm

FUENTE: [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CLASIFICACIONN\\_GRANULOMETRICA](https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci3n granulom3trica)

TABLA 3: TAMAÑOS DE DIÁMETROS DE PARTÍCULAS

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			Arena muy fina
0,05	Arena fina	Arena fina	Arena fina
0,1		Arena fina	Arena media
0,25	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
0,2		Arena muy gruesa	Arena gruesa
0,5		Grava fina	Grava
1,0	Grava	Grava	Grava
2,0		Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
3,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
5,0			Grava gruesa y piedras
10,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
20,0			Grava gruesa y piedras
>20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras

FUENTE: [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CLASIFICACIONN GRANULOMETRICA](https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci3n_granulometrica)

Los materiales pétreos a usarse en el análisis y diseño serán los resultantes de la trituración mecánica de las capas de la calzada en el grosor indicado, las cuales expresaran el cumplimiento de la granulometría indicada en EG – 2013/437-tabla 437-01.

TABLA 4: GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS RECICLADOS EN FRIO IN SITU EMPLEANDO CEMENTO ASFALTICO

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
37,5 mm	1 1/2"	100
25,0 mm	1"	75-100
19,0 mm	3/4"	65-100
9,5 mm	3/8"	45-75
4,75 mm	N.º 4	30-60
2,00 mm	N.º 10	20-45
425 µm	N.º 40	10-30
75 µm	N.º 200	5-20

FUENTE: EG – 2013/437-TABLA 437-01

### 3.2.2.3.2. Peso específico y absorción de agregados gruesos y finos

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_Peso\\_específico\\_y\\_absorción](https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_Peso_específico_y_absorción), esta normativa explica los pasos para establecer el peso específica y absorción del agregado grueso. La gravedad específica se expresa como la gravedad específica bulk, gravedad específica bulk (SSD), o gravedad específica aparente. La gravedad específica bulk (SSD) y la absorción, se asientan en agregados sumergidos en agua posteriormente de 24 horas.

Esta normativa explica los pasos de prueba para la designación de la gravedad específica bulk, gravedad específica aparente. Como también la absorción de una muestra de agregado fino a una temperatura establecida de 23°C, posteriormente de 24 horas de sumergidos en agua. La gravedad específica bulk en base al peso de la superficie saturada superficialmente seca de la muestra de ensayo y la absorción.

**Absorción.-** Aumento en el pesaje de los materiales ocasionado por al agua en los poros del agregado, pero sin incluir el agua adherida a la superficie externa de los gránulos, plasmándose en un porcentaje del peso seco.

**Gravedad específica.-** relación entre la masa (o peso en el medio) de una unidad de volumen de un material a la masa del propio volumen de agua a una temperatura mencionada. Los resultados no poseen dimensión.

**Gravedad específica aparente.-** Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen de la parte hermética del material a una temperatura dada a el peso en el aire de un mismo volumen de agua destilada independiente de gas a una temperatura dada.

**Gravedad específica bulk.-** Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen total (abarcando los vacíos permeables e impermeables de los gránulos, mas no se incluye los vacíos entre gránulos) a una temperatura dada para el peso en el aire de un volumen igual del material libre de agua destilada a una temperatura establecida.

**Gravedad específica bulk (ssd).-** Gravedad Especifica Bulk (SSD).- Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen total del material, englobando el peso del agua internamente en los vacíos logrados por la sumersión en agua en un tiempo estimado de 24 horas (a excepción de abarcar los vacíos entre los gránulos), A una temperatura determinada, en semejanza con el peso en el aire de un volumen parecido del material libre de agua destilada a una temperatura específica.

### **Importancia**

La densidad relativa (gravedad específica) es la relación de masa de un material con relación a la masa de un volumen de agua parecido al volumen de los gránulos del material- asimismo expresado como volumen incondicional del material. Igualmente es manifestada como la relación de la densidad de los gránulos de agregado con relación a la densidad del agua.

La densidad relativa (gravedad específica) es utilizada para estimar el volumen tomado por el agregado en distintas mezclas que poseen agregados abarcando concreto asfáltico, concreto hidráulico, y demás mezclas que son proporcionadas o estudiadas con respecto en el volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) es utilizada si el agregado se encuentra húmedo, es decir, si su absorción es satisfactoria. Inversamente, la densidad relativa (gravedad específica) (secado al horno) se utiliza para estimaciones cuando el agregado se encuentra seco o se considera que se encuentra seco.



La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) pertenece al agregado sólido que conforman los gránulos, no abarca el lugar de los poros en el interior de los gránulos que son accesibles al agua.

Los datos numéricos de absorción son utilizados para estimar la modificación en la masa de un material ocasionado por el agua absorbida en los lugares interiores de los poros de los gránulos, comparados con la situación seca, cuando es calificado que el agregado se encuentra en conexión con agua lo adecuado para beneficiar enormemente el potencial de absorción. El estándar de laboratorio para absorción es aquel alcanzado posteriormente de sumergir el material seco por un periodo de tiempo establecido. Los agregados obtenidos debajo del nivel freático usualmente tienen un contenido de humedad más alto que la absorción determinada por esta técnica, si se utiliza sin secarlos antes de usarlos Inversamente, algunos agregados los cuales no han sido sostenidos en una situación de humedad hasta ser usados estiman tener una proporción menor de humedad absorbida que en la situación sumergida durante 24 horas.

Los procedimientos universales explicados en este método de prueba es beneficioso para estimar la absorción de los agregados que han tenido otras condiciones diferentes a las de inmersión durante 24 horas. Manifestados en agua hirviendo o saturación en vacío. Los resultados obtenidos para absorción por otros métodos podrán ser distintos que los resultados obtenidos por lo prescrito en inmersión durante 24 horas

### **3.2.2.3.3. Límites de atterberg**

#### **Plasticidad**

Crespo 16, la plasticidad es la característica que presentan los terrenos en distorsion de su plataforma, hasta cierto límite, sin romperse. Por este se mide la conducta de los suelos en todas las épocas. Las arcillas manifiestan esta característica en niveles distintos. Para saber la plasticidad de un suelo se utiliza los límites de Atterberg o límites de consistencia, que mediante estos límites se deslindó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes. Los mencionados límites son: Límite Líquido (L.L.), Límite

Plástico (L.P.) y Límite de Contracción (L.C.), y por medio de ellos se plasma una idea del tipo de suelo en estudio. Todos los límites de consistencia se ejecutan usando el suelo que pasa por la malla N° 40. La discrepancia con los resultados del límite líquido (L.L.) y del límite plástico (L.P.) otorga el mencionado Índice Plástico (I.P.) del suelo. Los límites líquido y plástico están condicionados a porción y tipo de arcilla del suelo, pero el índice plástico está condicionado netamente a la porción de arcilla. Cuando no es posible calcular el límite plástico de un suelo se dice que es no plástico (N.P.), y en ese caso el índice plástico se expresa como igual a cero. El índice de plasticidad manifiesta el parámetro de humedad por medio del cual los suelos con adhesión manifiestan características de un material plástico.

### **Límites de consistencia**

En caso un suelo posee un índice plástico (IP) del cero el suelo es no plástico; en caso el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad; en caso el índice plástico comprende entre 7 y 17 se expresa que el suelo medianamente plástico, y en caso el suelo expresa un índice plástico mayor de 17 se concluye que es altamente plástico.

Igualando suelos del mismo límite líquido con índice de plasticidad que incrementa, la compresibilidad es igual, la constante de permeabilidad baja, la tenacidad cerca del límite plástico incrementa de igual modo aumenta su resistencia en seco. Ahora, igualando suelos del mismo índice plástico con límite líquido que incrementa, la compresibilidad incrementa, la constante de hermetismo incrementa, y tanto la tenacidad cerca del límite plástico y la resistencia en seco decrece.

Al delimitar en términos sencillos la plasticidad de un terreno, no obtiene suficiente ósea que un suelo plástico puede distorsionarse y remodelarse sin agrietamiento, pues una arena fina y húmeda posee esas propiedades cuando la distorsión se desarrolla lentamente y, sin embargo, no es plástica entre el actuar de la arcilla y de la arena en cuestión hay una interesante diferencia: el volumen de la arcilla sigue e constante en la distorsión, mientras que el de la arena varía; además, la arena se desmorona en deformación rápida.

Se puede definir la plasticidad como la característica de un agregado material por el cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

### **Límites de plasticidad**

Para medir la plasticidad de las arcillas se han desarrollado varios criterios, de los cuales el debido a Atterberg, se mencionará. Atterberg hizo ver que, en primer lugar, la plasticidad no era una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y dependiente del contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y con gran contenido de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido en que la arcilla se comporta plásticamente. Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia

1. Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
2. Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
3. Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
4. Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aun disminuye de volumen al estar sujeto al secado.
5. Estado sólido, el volumen del suelo no varía con el secado.

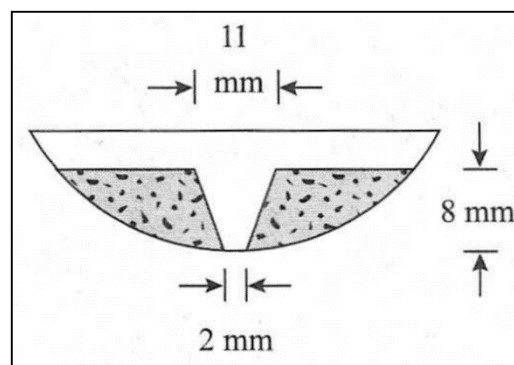
Los anteriores estados son fases generales por las que pasa el suelo al irse secando, y no existen criterios estrictos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de éstas ha de hacerse en forma puramente convencional. Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre general de límites de consistencia.

### **Límite líquido**

La frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico fue llamada por Atterberg límite líquido  $W_{LL}$ . Ninguna de las pruebas para determinar los límites de Atterberg es difícil de ejecutar, requiere de cierta experiencia para desarrollar la técnica necesaria para obtener resultados reproducibles. La determinación del límite líquido se hace comúnmente utilizando un aparato mecánico, diseñado por Casagrande; se coloca una

muestra del suelo remoldeado en la copa, y se hace una ranura de 2mm de ancho en su base y de 8mm de altura, en el centro de la pasta del suelo. Luego, el operador da vuelta a la manivela que levanta la copa a cierta altura de manera que el punto de contacto entre la copa y la base quede a 1cm sobre la base. Desde esta posición, la copa cae libremente. El suelo está en el límite líquido, si se requieren 25 golpes para hacer que los extremos inferiores de la ranura queden en contacto entre sí, en una longitud de 13mm (0.5"). La humedad que tenga la muestra cuando se le da este número de golpes es el límite líquido.

FIGURA 1: DIMENSIONES DE LA RANURA EN LA COPA CASA GRANDE



FUENTE: BRAJA M. DAS PAG. 29

A partir de investigaciones de los resultados obtenidos por Atterberg con su método original y usando determinaciones efectuadas por diferentes operadores en varios laboratorios, se estableció que el límite líquido obtenido por medio de la copa de Casagrande corresponde al de Atterberg, se define como el contenido de agua del suelo para que la ranura se cierra a lo largo de 1.27cm (1/2"), con 25 golpes en la copa. Esta correlación permitió incorporar a la experiencia actual toda la adquirida previamente al uso de la copa. De hecho, el límite líquido se determina conociendo 3 ó 4 contenidos de agua diferente en su vecindad, con los correspondientes números de golpes y trazando la curva. Contenido de agua – Número de golpes. La ordenada de esa curva correspondiente a la abscisa de 25 golpes es el contenido de agua correspondiente al límite líquido.

Para construir la curva de fluidez sin salirse del intervalo en que se puede considerarse recta, Casagrande recomienda registrar los valores entre los 6 y los 35 golpes, determinando 6 puntos, tres entre 6 y 15 golpes y tres

entre 23 y 32. Para consistencias correspondientes a menos de 6 golpes se hace ya muy difícil discernir el momento de cierre de la ranura y si ésta se cierra con más de 35 golpes, la gran duración de la prueba causa excesiva evaporación. En pruebas de rutina basta con determinar 4 puntos de la curva de fluidez. Por medio de pruebas de laboratorio se determinó que el límite líquido de un suelo plástico corresponde a una resistencia al corte de 25 g/cm<sup>2</sup>. La hipótesis de que el número de golpes es una medida de la resistencia al corte del suelo, fue enunciada por Casagrande y se confirma por el hecho de que una gráfica semilogarítmica de la resistencia contra el contenido de agua es recta y no sólo en la vecindad del límite líquido, sino en consistencias bastante distintas.

### **Límite plástico**

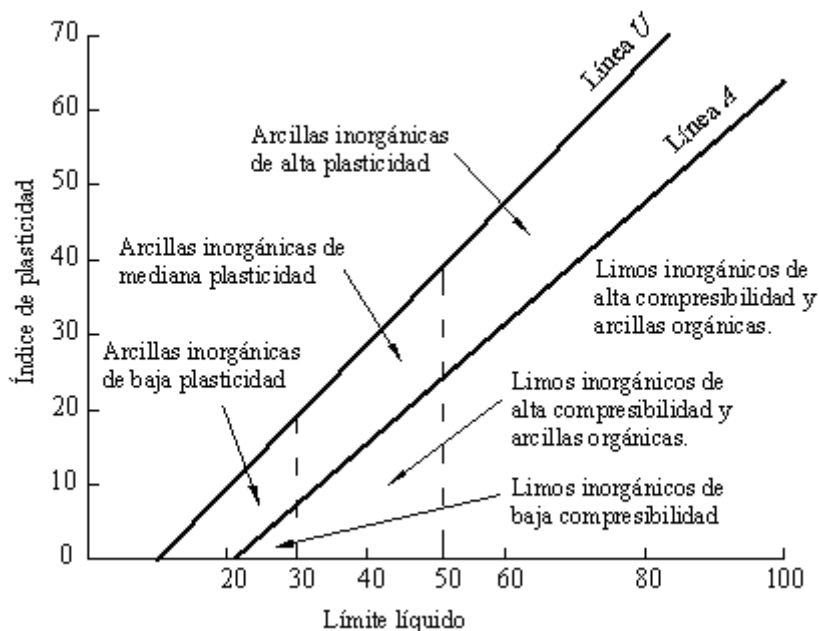
La frontera convencional entre el estado plástico y semisólido, fue llamado por Atterberg límite plástico, definido también en términos de una manipulación de laboratorio. La determinación del límite plástico se ejecuta, formando cilindros delgados con una muestra de suelo plástico con un diámetro de 3mm. Si el suelo no se desmorona, se recoge el cilindro, se vuelve a amasar y se rola de nuevo. Se repite este proceso, hasta que el cilindro se comienza a desmoronar, precisamente cuando adquiere el diámetro de 3mm. A la humedad a la que se desmorone y agriete el cilindro se la define como límite plástico.

### **Índice de plasticidad**

La amplitud de variación de la humedad, en la cual el sistema se comporta como material plástico, se llama frecuentemente intervalo plástico, y la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico se le llama índice de plasticidad I.P. El límite líquido y el índice de plasticidad constituyen unidos una medida de la plasticidad de un suelo. Los suelos que poseen  $W_{LL}$  (límite líquido) e I.P. de grandes valores se dicen que son muy plásticos. A los que tienen bajos valores se les llama ligeramente plásticos. La interpretación de las pruebas de los límites líquido y plástico se facilita usando la carta de plasticidad desarrollada por Casagrande. Las ordenadas representan valores del índice de plasticidad, y las abcisas, valores del límite líquido. La carta se divide en seis regiones por la línea inclinada A y las dos

líneas verticales  $W_{LL}=30$  y  $W_{LL}=50$ . Todos los suelos, representados por puntos arriba de la línea A, son arcillas inorgánicas; la plasticidad varia de baja ( $W_{LL}<30$ ) a alta ( $W_{LL}>50$ ) con valores crecientes del límite líquido. Los suelos representados por puntos, que quedan debajo de la línea A, pueden ser limos inorgánicos y orgánicos, o arcillas orgánicas. Si son inorgánicos, se dice que son de compresibilidad baja, media o elevada, lo que depende de que su límite líquido sea inferior a 30; está comprendido entre 30 y 50, o sea superior a 50. Si son limos orgánicos, están representados por puntos situados en la región correspondiente a un límite líquido entre 30 y 50 y, si son arcillas orgánicas, a un límite líquido superior a 50.

FIGURA 2: CARTA DE PLASTICIDAD



FUENTE: CASAGRANDE SEGÚN ASTM D-2487-93

La diferencia entre suelos orgánicos e inorgánicos se hace ejecutando dos pruebas para determinar dos límites líquidos con el mismo material: una con suelo secado al aire, y otra con suelo secado al horno. El secado en horno produce cambios irreversibles en los componentes orgánicos, produce un límite líquido significativamente inferior. Si el límite de la muestra secada en horno es inferior aproximadamente 0.75 veces a la muestra que no se secó de esa manera, el suelo puede clasificarse como orgánico. Unos cuantos materiales inorgánicos de arcilla y otros componentes de los suelos finos, también experimentan cambios irreversibles al secarlos en horno.

## Parámetros

De acuerdo a lo solicitado por la EG – 2013 sección 437 los parámetros necesarios para el diseño con respecto al índice de plasticidad del material reciclado están determinados de acuerdo a la tabla 437 – 03, previamente siendo analizados los límites de atterberg.

TABLA 5: AGREGADOS FINOS EN MEZCLAS RECICLADAS EN FRIO

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Índice de plasticidad	MTC E 111	N.P.	N.P.	N.P.

FUENTE: EG – 2013 – SECCIÓN 437 – TABLA 437-03

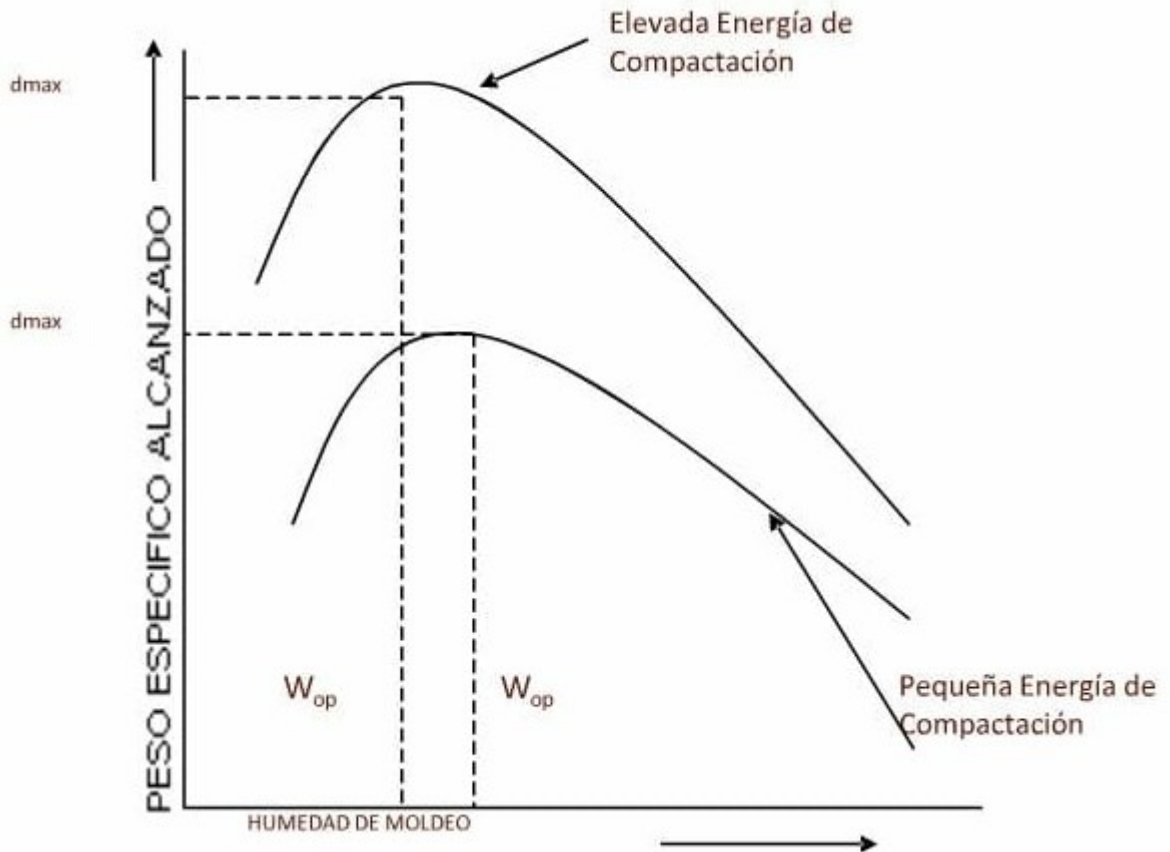
### 3.2.2.3.4. Compactación de suelos (proctor modificado)

#### Compactación

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_de\\_compactacion\\_Proctor](https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compactacion_Proctor), Es el proceso de empaquetamiento de las partículas de suelo más cercanamente posible por medio mecánico aumentando la densidad seca. Las partículas sólidas son empaquetadas lo más cercanamente por medios mecánicos aumentando la densidad seca. Se reduce la relación de vacíos. Poca o no reducción del contenido de agua. Los vacíos no pueden eliminarse por compactación, por control de ellos se reducen al mínimo

La compactación es el proceso realizado generalmente por medios mecánicos, por el cual se produce una densificación del suelo, disminuyendo su relación de vacíos. El objetivo de la compactación es el mejoramiento de las propiedades geotécnicas del suelo, de tal manera que presente un comportamiento mecánico adecuado

FIGURA 3: CURVA DE COMPACTACIÓN



FUENTE: [HTTPS://CIVILGEEKS.COM/COMPACTACION-DE-SUELOS](https://civilgeeks.com/compactacion-de-suelos)

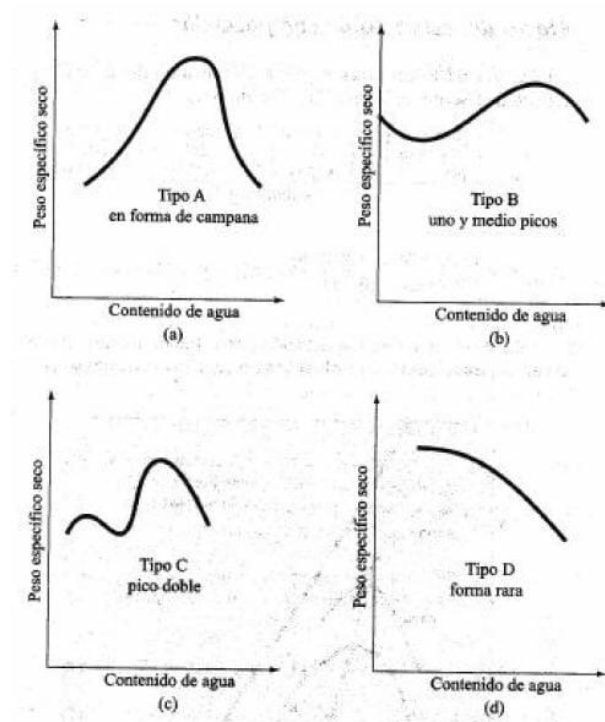
## Factores que influyen en la compactación

### Tipo de suelo

Tiene influencia la granulometría del suelo, forma de sus partículas, contenido de finos, cantidad y tipo de minerales arcillosos, gravedad específica, entre otros. De acuerdo a la naturaleza del suelo se aplicarán técnicas adecuadas en el proceso de compactación. En laboratorio, un suelo grueso alcanzará densidades secas altas para contenidos óptimos de humedad bajos, en cambio los suelos finos presentan valores bajos de densidades secas máximas y altos contenidos óptimos de humedad.



FIGURA 4: CURVAS DE COMPACTACIÓN PARA DISTINTOS SUELOS



FUENTE: BRAJA M. DAS PAG 57

### Método de compactación

En el campo y laboratorio existen diferentes métodos de compactación. La elección de uno de ellos influirá en los resultados a obtenerse.

### La recompactación

En laboratorio, a veces se acostumbra a utilizar un mismo espécimen para obtener todos los puntos de la curva, esto causa una deformación volumétrica de tipo plástico que causan las sucesivas compactaciones. La compactación muy intensa puede producir un fracturamiento de las partículas y originar un material susceptible al agrietamiento.

### Humedad

La humedad que nos permite alcanzar una compactación óptima es el óptimo contenido de humedad, la cual nos permitirá alcanzar la densidad seca máxima. Si el contenido de humedad está por debajo del óptimo, el suelo es rígido y difícil de comprimir, originando densidades bajas y contenidos de

aire elevados. Cuando está por encima del óptimo, el contenido de aire se mantiene pero aumenta la humedad produciendo la disminución de la densidad seca.

### **Sentido de recorrido de la escala de humedad**

En las pruebas de laboratorio, tiene influencia también el sentido en que se recorre la escala de humedades al efectuar la compactación, se obtienen curvas diferentes si se compacta comenzando con un suelo húmedo y luego se va agregando agua, ó si se empieza con un suelo húmedo y luego se va secando.

En el primer caso se obtienen densidades secas mayores ya que al agregar el agua está tenderá a quedar en la periferia de los grumos, penetrando en ellos después de un tiempo, por lo tanto la presión capilar entre los grumos es pequeña favoreciendo la compactación. En el segundo caso se obtienen densidades secas menores, ya que al evaporarse el agua e irse secando el suelo, la humedad superficial de los grumos se hace menor que la interna, aumentando la presión capilar haciendo más difícil la compactación.

### **Temperatura y presencia de otras sustancias**

Dependiendo de la temperatura puede producirse la evaporación ó condensación del agua, la presencia de sustancias extrañas, puede también producir variación del resultado en la obtención de la densidad seca.

### **Comportamiento del suelo e interpretación de la compactación**

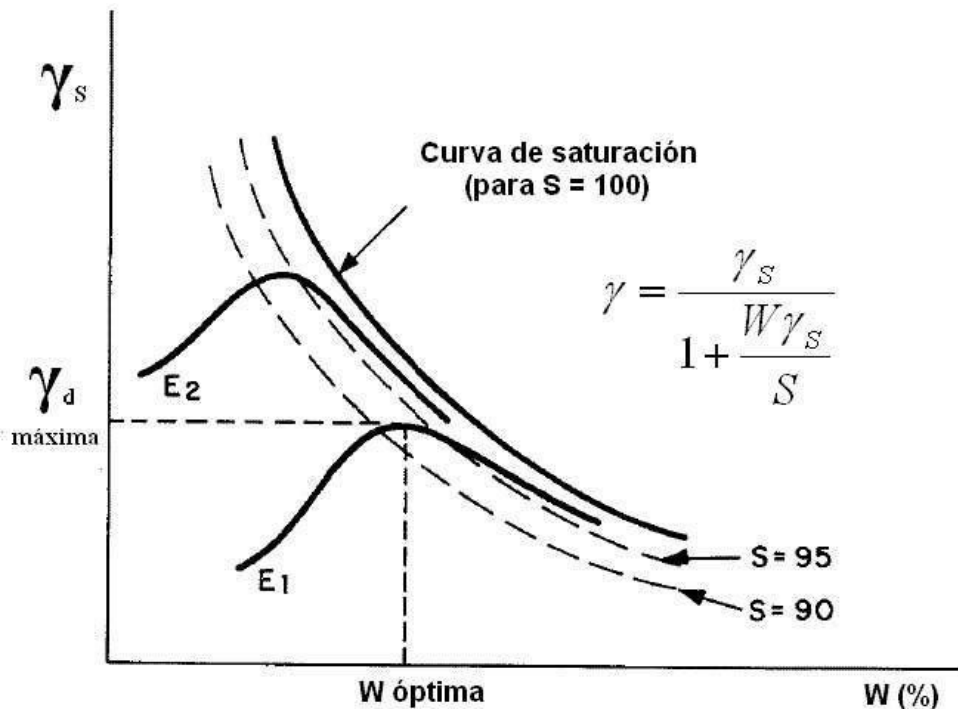
- A bajo contenido de agua el grano de suelo es rodeado por una delgada película de agua.
- El agua adicional permite juntar los granos más fácilmente.
- El aire es desplazado y la densidad seca es incrementada.
- La adición de agua permite expulsar el aire durante la compactación.
- Los granos de suelo se muestran lo más cercanos posibles hasta cierto punto y de ahí aumenta la cohesión.
- Cuando la cantidad de agua excede lo requerido, el exceso de agua empuja los granos de suelo hacia fuera y la densidad adquirida disminuye.

- A mayor contenido de humedad, el aire es desplazado por la compactación y la densidad continúa disminuyendo

Para la interpretación del acta del ensayo Proctor se tendrá los siguientes puntos y análisis:

- Debe proporcionar la densidad máxima seca así como la humedad óptima y lo que es más importante la curva humedad – densidad seca con los valores de todos los puntos ensayados.
- Como datos complementarios debe proporcionar los datos específicos del molde, características de la maza, numero de capas, y golpes por capa.
- La curva densidad seca – humedad permite determinar las condiciones óptimas de compactación tal y como se muestra en la figura siguiente:

FIGURA 5: CURVA DE SATURACIÓN



FUENTE: [HTTP://GEOTECNIAFACIL.COM/ENSAYO-PROCTOR-NORMAL-Y-MODIFICADO](http://geotecniafacil.com/ensayo-proctor-normal-y-modificado)

- Estas condiciones serían las ideales para alcanzar en obra y suele corresponderse con un grado de saturación correspondiente entre el 85 y el 90%.

- La línea que representa un grado de saturación del 100% es generalmente paralela a la línea de mayor humedad resultante del ensayo.
- Si se aumenta la energía de compactación se obtienen curvas similares pero con un incremento en la densidad máxima y menor humedad óptima tal y como puede verse en el gráfico anterior (E1 y E2).
- No obstante, la densidad máxima para un determinado grado de humedad no será nunca mayor que la correspondiente a la del suelo saturado, es decir, la curva de saturación (S=100) nunca será superada por ninguna curva de compactación independientemente de la energía empleada.

### **Compactación proctor**

En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Standard", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos se encuentra en la energía utilizada, la cual se modifica según el caso variando el número de golpes, el pisón (cambia altura y peso), el molde y el número de capas. La razón de que haya dos ensayos distintos no es más que la modernización de uno con respecto al otro. El origen del ensayo del Próctor Modificado se remonta a la Segunda Guerra Mundial, cuando estadounidenses y británicos debían realizar ensayos sobre la calidad de los pavimentos de obras aeroportuarias, y estos debían estar adaptados a los aviones de la época de una carga muy superior a la de vehículos terrestres. Por ello, se "actualizo" el ensayo del Próctor exigiéndole una mayor cantidad de energía, con lo que se pasó denominar ensayo Próctor Estándar al original y Ensayo Próctor Modificado al más reciente.

Ambos ensayos se deben al ingeniero que les da nombre, Ralph R. Proctor (1933), y determinan la máxima densidad que es posible alcanzar para suelos, en determinadas condiciones de humedad y energía.

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva corresponde a la densidad seca máxima en ordenadas y a la humedad óptima en abscisas.

Para realizar la compactación se realizan pruebas estándar de laboratorio usadas para evaluar los pesos específicos secos máximos y los contenidos óptimos de agua para varios suelos son:

- Prueba Próctor estándar (ASTM D-698)
- Prueba Próctor modificada (ASTM D-1557)

El suelo se compacta en un molde en varias capas por medio de un pizón. El contenido de agua,  $w$ , del suelo se cambia y se determina el peso específico seco,  $\gamma_d$ , de compactación en cada prueba. El peso específico seco máximo de compactación y el correspondiente contenido óptimo de agua se determinan graficando  $\gamma_d$  versus  $w$  (%). Las especificaciones estándar para los dos tipos de prueba Próctor se dan en las siguientes

TABLA 6: ESPECIFICACIONES PARA LA PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR BASADA EN LAS 698-91 DE LA ASTM

Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4 pulg (101.6 mm)	4 pulg (101.6 mm)	6 pulg (152.4 mm)
Volumen del molde	0.0333 pie <sup>3</sup> (944 cm <sup>3</sup> )	0.0333 pie <sup>3</sup> (944 cm <sup>3</sup> )	0.075 pie <sup>3</sup> (2124 cm <sup>3</sup> )
Peso del pizón	5.5 lb (2.5 kg)	5.5 lb (2.5 kg)	5.5 lb (2.5 kg)
Altura de caída del pizón	12 pulg (304.8 mm)	12 pulg (304.8 mm)	12 pulg (304.8 mm)
Número de golpes de pizón por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	12,400 pie-lb/pie <sup>3</sup> (600 kN·m/m <sup>3</sup> )	12,400 pie-lb/pie <sup>3</sup> (600 kN·m/m <sup>3</sup> )	12,400 pie-lb/pie <sup>3</sup> (600 kN·m/m <sup>3</sup> )
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla No. 4 (4.57 mm). Puede usarse si 20% o <i>menos</i> por peso de material es retenido en la malla No. 4.	Porción que pasa la malla de $\frac{3}{8}$ -pulg (9.5 mm). Puede usarse si el suelo retenido sobre la malla No. 4 es <i>más</i> del 20% y 20% o <i>menos</i> por peso es retenido en la malla de $\frac{3}{8}$ -pulg (9.5 mm).	Porción que pasa la malla de $\frac{3}{4}$ -pulg (19.0 mm). Puede usarse si <i>más</i> de 20% por peso del material es retenido en la malla de $\frac{3}{8}$ -pulg (9.5 mm) y <i>menos</i> de 30% por peso es retenido en la malla de $\frac{3}{4}$ -pulg (19.00 mm).

FUENTE: BRAJA M. DAS PAG. 61

TABLA 7: ESPECIFICACIONES PARA LA PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR BASADA EN LAS 698-91 DE LA ASTM

Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4 pulg (101.6 mm)	4 pulg (101.6 mm)	6 pulg (152.4 mm)
Volumen del molde	0.0333 pie <sup>3</sup> (944 cm <sup>3</sup> )	0.0333 pie <sup>3</sup> (944 cm <sup>3</sup> )	0.075 pie <sup>3</sup> (2124 cm <sup>3</sup> )
Peso del pizón	10 lb (4.54 kg)	10 lb(4.54 kg)	10 lb(4.54 kg)
Altura de caída del pizón	18 pulg (457.2 mm)	18 pulg (457.2 mm)	18 pulg (457.2 mm)
Número de golpes de pizón por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	56,000 pie-lb/pie <sup>3</sup> (2700 kN·m/m <sup>3</sup> )	56,000 pie-lb/pie <sup>3</sup> (2700 kN·m/m <sup>3</sup> )	56,000 pie-lb/pie <sup>3</sup> (2700 kN·m/m <sup>3</sup> )
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla No. 4 (4.57 mm). Puede usarse si 20% o <i>menos</i> por peso de material es retenido en la malla No. 4.	Porción que pasa la malla de $\frac{3}{8}$ -pulg (9.5 mm). Puede usarse si el suelo retenido en la malla No. 4 es <i>más</i> de 20% y 20% o <i>menos</i> por peso es retenido en la malla de $\frac{3}{8}$ -pulg (9.5 mm).	Porción que pasa la malla de $\frac{3}{4}$ -pulg (19.0 mm). Puede usarse si <i>más</i> de 20% por peso del material es retenido en la malla de $\frac{3}{8}$ -pulg (9.5 mm) y <i>menos</i> de 30% por peso es retenido en la malla de $\frac{3}{4}$ -pulg (19.00 mm).

FUENTE: BRAJA M. DAS PAG. 61

### 3.2.2.3.5. Peso unitario

#### Contenido de humedad de los suelos

[https://es.scribd.com/document/313844160/Peso Unitario-de Suelos](https://es.scribd.com/document/313844160/Peso-Unitario-de-Suelos), el contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje. En los agregados existen poros, los cuales encuentran en la intemperie y pueden estar llenos de agua, estos poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

El peso unitario es definido como la masa de una masa por unidad de volumen. El peso unitario del suelo varía de acuerdo al contenido de agua que tenga el suelo, que son: húmedo (no saturado), saturado y seco. El peso unitario húmedo, es definido como el peso de la masa de suelo en estado no saturado por unidad de volumen, donde los vacíos del suelo contienen tanto agua como aire, que será:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

El peso unitario seco, se define como el peso de suelo sin contenido de agua por unidad de volumen, que se escribe:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

El peso unitario saturado, se define como el peso de suelo en estado saturado por unidad de volumen, donde los espacios vacíos están llenos de agua, que será:

$$\gamma_{sat} = \frac{W}{V}$$

El Peso unitario del agua, es peso del agua por unidad de volumen que será

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

El concepto de peso unitario suelto es importante cuando se trata del manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que durante estas actividades el agregado se encuentra en estado suelto. Este varía con el grado de compactación y contenido de humedad.

El peso unitario compactado es cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando el grado de acomodamiento de las partículas de los agregados y el valor de la masa unitaria.

#### **3.2.2.3.6. Valor equivalente de arena**

[http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Equivalente de arena](http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Equivalente_de_arena), este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.

Se define el equivalente de arena como la proporción de la altura alcanzada por las partículas de naturaleza arenosa, en una suspensión de árido fino en agua, respecto a la altura alcanzada por las partículas arcillosas en la misma suspensión, en porcentaje. Por este motivo, cuanto mayor es el equivalente de arena de un árido fino, menor es el contenido en partículas arcillosas, por lo que su limpieza es mejor.

Normalmente, equivalentes de arena inferiores a 20 corresponden a áridos muy contaminados que, en general, no deben utilizarse en capas de firme. Sin embargo, valores del equivalente de arena superiores a 50 reflejan un grado de limpieza suficiente para la mayor parte de las aplicaciones.

#### **Usos**

- Este ensayo produce como resultado un valor empírico de la cantidad relativa de finos y material arcilloso presente en la muestra de suelo o agregado fino.
- Puede especificarse un valor mínimo del equivalente de arena, para limitar la cantidad permisible de finos arcillosos en un agregado.
- Este método de ensayo permite determinar rápidamente, en el campo, variaciones de calidad de los materiales que se estén produciendo o utilizando.



## **Importancia e interpretación**

La prueba de Equivalencia de Arena fue desarrollada por Hvem para evaluar en forma cualitativa la cantidad y la actividad de los finos que existen en la mezcla de partículas que constituyen el suelo que se va a utilizar.

La prueba consiste en introducir una cantidad prefijada de la fracción del suelo que pasa la malla No 4 en una probeta estándar, parcialmente llena con una solución que, entre otros efectos, propicia la sedimentación de los finos.

De esta manera, el estudio de perfil de sedimentación permite establecer un índice volumétrico de las respectivas proporciones de los materiales contenidos en el suelo original, que pueden en principio, clasificarse como arenas o como arcillas. Además, como se verá, el perfil de sedimentación permite obtener también una idea de carácter cualitativo, pero seguramente bastante apropiada, de la actividad que pueda atribuirse a la fracción arcillosa.

Un equivalente de arena cero se obtendrían en una arcilla pura, en tanto que cuanto mayor sea el equivalente de arena se tendrá seguramente una mayor proporción de este último material en el conjunto. Hasta aquí, tal parece que la prueba de equivalente de arena lo único que establece es una relación volumétrica entre el contenido de arena y el contenido de arcilla en la muestra.

Si así fuera, no se estaría dando más información que un análisis granulométrico rápido con un cribado en las mallas números 4 y 200, quizá más sencillo de realizar. El valor de la prueba de equivalente de arena es que, por lo menos cualitativamente, va algo más lejos que la simple, información anterior, al dar una idea, como se dijo, de la actividad de la fracción arcillosa.

El primer punto a cuidar es la concentración de la solución floculante que se use, pues como se hizo notar, de su poder floculante depende que se deposite más o menos arcilla en el tiempo de prueba, lo que haría variar el equivalente de arena.

Otra solución daría diferentes valores de equivalente de arena en todas las pruebas realizadas y desde luego es dudoso que la concentración elegida por Hveem posea ningún significado especial o sea la más apropiada para

establecer la mejor correlación posible entre el valor del equivalente de arena y la actividad de los finos contenidos en el suelo.

Una vez fijada la concentración de la solución y estandarizada la prueba, la actividad de los finos se refleja en el resultado de la misma por lo menos de dos maneras.

En primer lugar en la cantidad de arcilla que alcance a depositarse en los 20 min, que será diferente según sea el contenido y actividad de la fracción coloidal de la arcilla.

En segundo lugar, la actividad de los finos se reflejará seguramente en la estructuración de la arcilla depositada en la solución estándar y a estructuras más cerradas o más abiertas, aun para la misma cantidad de arcilla, corresponderán diferentes valores de la "altura de la arcilla" y, por lo tanto, diferentes valores del equivalente de arena. En general, en relación a este último aspecto puede decirse que cuanto más abierta sea la estructura, mayor actividad mostrarán los finos y se obtendrá un equivalente de arena menor.

No cabe duda de que los factores anteriores no están suficientemente estudiados, como no lo está la prueba en general, por lo que no es posible establecer cuantitativamente correlaciones entre el resultado de la prueba de equivalente de arena y las propiedades mecánicas fundamentales, tales como la resistencia, la compresibilidad, la relación esfuerzo-deformación, la permeabilidad, etcétera; ni tan siquiera es posible decir, en el actual estado de conocimiento, si tales correlaciones existen en un sentido más o menos aproximado. Lo que queda entonces es calibrarla prueba con la experiencia personal de los ingenieros de campo y en este aspecto la prueba ha revelado y revela todos los días extraordinarias potencialidades, muy especialmente como prueba para el control de la calidad de los materiales obtenidos de bancos.

### **Parámetros**

De acuerdo a lo solicitado por la EG – 2013 sección 437 los parámetros necesarios para el diseño con respecto al valor equivalente de arena del

material reciclado están determinados de acuerdo a la tabla 437 – 03, previamente siendo analizados ensayos iniciales fundamentales.

TABLA 8: AGREGADOS FINOS EN MEZCLAS RECICLADAS EN FRIO-EQUIVALENTE DE ARENA

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Equivalente de arena	MTC E 114	30% mín.	30% mín.	30% mín.

FUENTE: EG – 2013 – SECCIÓN 437 – TABLA 437-03

### 3.2.2.3.7. Abrasión los ángeles

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo abrasión los ángeles](https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_abrasión_los_ángeles), el desgaste de los ángeles es para estimar el efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, su baja resistencia estructural, planos de debilitamiento, plano de cristalización, forma de las partículas

#### Ensayo abrasión de los ángeles

Este ensayo es una medida de la degradación de un agregado mineral de graduación estándar, resultado de una combinación de acciones incluyendo la abrasión o desgaste, impacto y trituración en un tambor de acero rotatorio que contiene 12 esferas de acero. Al girar el tambor, el plato de la repisa recoge el espécimen de ensayo y las esferas de acero, cargándolas alrededor hasta que son lanzadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y triturado. El contenido entonces gira dentro del tambor en una acción de desgaste y molienda, hasta que la placa de la repisa recoge el espécimen y las esferas y el ciclo se repite. Después del número prescrito de revoluciones, el contenido se remueve del tambor y la porción de agregado se tamiza para medir la degradación como un porcentaje de pérdida.

#### Abrasión

Es la acción y efecto de desgastar por fricción, en los agregados gruesos una de sus propiedades físicas en las cuales sus importancia y conocimiento son indispensables en el diseño de mezcla.

## **Resistencia a la abrasión o desgaste**

Esta es importante porque con ella conoceremos la durabilidad y resistencia que tendrá el concreto. Para la fabricación de losas, estructuras simples o estructuras que requieran que la resistencia del concreto sea la adecuada para ellas. Los agregados debe ser duro y resistente a la abrasión para evitar el aplastamiento, la degradación y Desintegración cuando las existencias, alimentado a través de una planta de asfalto, colocado con extendedora, compactado con rodillos, y sometidos a las cargas de tráfico. Estas propiedades son especialmente importantes para abrir brecha al clasificado de mezclas de concreto asfáltico (tales como cursos de fricción libre calificado y el asfalto de la matriz de piedra) que no se benefician del efecto de amortiguación del agregado fino y donde las partículas gruesas están sometidos a tenciones de contacto de alto

## **Importancia e interpretación**

La Resistencia a la abrasión, desgaste o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo.

El desgaste depende de la resistencia del mismo rozamiento con las esferas y con el agregado mismo cuanto menor sea la perdida, habrá mayor confiabilidad de que el agregado tenga una buena resistencia para el uso que se le destine.

Mediante el ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles se puede conocer la resistencia del agregado al desgaste mecánico o físico por contacto directo con esferas de acero que giran junto con el material a velocidad de 33 revoluciones por segundo, por 15 o 30 minutos de acuerdo al tamaño de la grava, originando desmenuzamiento del material.

## **Parámetros**

De acuerdo a lo solicitado por la EG – 2013 sección 437 los parámetros necesarios para el diseño con respecto al desgaste de los ángeles del material

reciclado están determinados de acuerdo a la tabla 437 – 02, previamente siendo analizados ensayos iniciales fundamentales.

TABLA 9: AGREGADO GRUESO EN MEZCLAS RECICLADAS EN FRIO-DESGASTE DE LOS ÁNGELES

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Desgaste de Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	40% máx.	40% máx.

FUENTE: EG – 2013 – SECCIÓN 437 – TABLA 437-02

### 3.2.2.3.8. Destilación asfáltica

MTC E 401, (2013), describe el procedimiento para determinar por el método de destilación, el residuo asfáltico, el contenido de agua y el contenido de disolventes, en las emulsiones asfálticas aniónicas y catiónicas que se refiere a la Norma ASTM D 6997 – MTC E 401

#### Importancia a e interpretación

Esta prueba consiste en efectuar la destilación de una muestra de emulsión asfáltica, hasta una temperatura máxima de 260°C, para separarla en residuo asfáltico, agua y disolventes. En el residuo asfáltico se realizan otras pruebas que ayudan a identificar la emulsión. Cuando se requiere también identificar los disolventes, se separa de ellos una porción representativa de tamaño suficiente para su posterior análisis

La muestra de una emulsión asfáltica se calienta en una cámara a (260 ± 5) °C y se miden los volúmenes de aceite destilado y agua obtenidos. También se obtiene el residuo de la destilación. Se calentará una muestra de masa conocida en la cámara de un destilador y se determinará la composición como destilado y residuo.

#### Parámetros

De acuerdo a lo solicitado por la EG – 2013 sección 301 los parámetros necesarios para el diseño con respecto a la destilación asfáltica de la emulsión asfáltica están determinados de acuerdo a la tabla 301.E – 01.

TABLA 10: REQUERIMIENTO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA - DESTILACIÓN

Características	Ensayo.	CSS-1h	
		Min.	Max.
Destilación: - Residuo, %	MTC E 401	57	

FUENTE: EG – 2013 – SECCIÓN 301.E – TABLA 301.3-01

### 3.2.2.3.9. Método de illinois para el diseño de mezclas en frio emulsión – agregado reciclado

#### Aplicabilidad

Darter, Michel. Wilkey, Patrick. Ahlfield, Steven. Wasill, Richard, (Febrero de 1978). Este método de diseño para mezclas en frio emulsión asfáltica- agregado está basado en una investigación inicial en la Universidad de Illinois usando el método de diseño de mezclas, Marshall modificado y el ensayo de durabilidad húmeda. Se recomienda este diseño para mezclas en vía o mezclas en planta preparadas a la temperatura ambiente.

#### Bosquejo del método

El procedimiento comprende lo siguiente:

- 1) Ensayos de calidad del agregado. Se realizan ensayos para determinar las propiedades del agregado y su conveniencia para el uso en mezclas con emulsión asfáltica
- 2) Ensayos de calidad de las emulsiones asfálticas: Se realizan ensayos para determinar las propiedades y calidad de la emulsión.
- 3) Tipo y cantidad aproximada de emulsión: Se usa un procedimiento simplificado para estimar el contenido tentativo de asfalto residual para un agregado dado. Usando el contenido de asfalto tentativo se realizan ensayos de recubrimiento para determinar la conveniencia y tipo de emulsión, cantidad de emulsión y agua requerida en la premezcla.
- 4) Humedad de compactación: Usando un contenido de asfalto residual tentativo y el agua requerida en la mezcla, se preparan mezclas y se

airean a varios contenidos de humedad, la mezcla se compacta entonces dentro de moldes Marshall para luego ser curadas en seco durante un día y ensayadas en estabilidad Marshall modificado.

- 5) Variación del contenido de asfalto residual: Usando el contenido de agua requerido en la mezcla y la humedad de compactación óptima se preparan mezclas variando el contenido de asfalto residual. Si el contenido de agua óptimo de compactación es menor que el mínimo contenido de agua de mezcla requerido antes de la compactación, se requiere aireación. Las mezclas se compactan entonces dentro de moldes Marshall y se curan al aire durante tres días. Las muestras se ensayan para determinar su densidad Bulk, estabilidad Marshall modificada y flujo.
- 6) Selección del contenido óptimo de asfalto: Se elige el contenido óptimo de asfalto como el porcentaje de emulsión a la cual la mezcla de pavimento satisface de la mejor manera todos los criterios de diseño.

## Parámetros

De acuerdo a lo solicitado por el instituto del asfalto – limites sugeridos para los resultados de los ensayos, los parámetros necesarios para el cumplimiento del diseño con respecto a la capa estabilizada están determinados de acuerdo a la tabla IV-9.

TABLA 11: LIMITES SUGERIDOS PARA LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

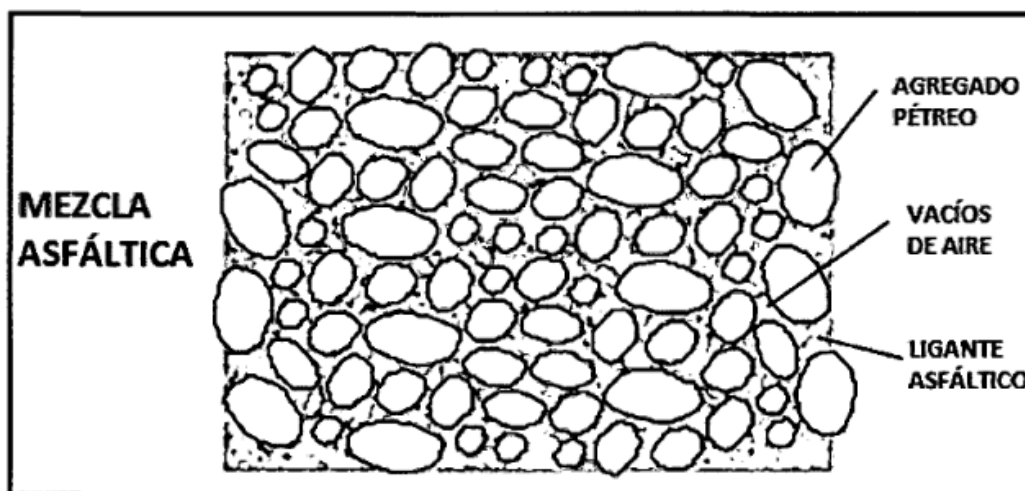
Método de proyecto <sup>2</sup>	Tráfico pesado y muy pesado		Tráfico medio		Tráfico ligero	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>MARSHALL</b>						
Número de golpes de compactación en cada extremo de la probeta.	75	—	50	—	35	—
Estabilidad, libras <sup>3</sup>	750	—	500	—	500	—
Fluencia <sup>2</sup> , expresada en 0,01 pulgadas	8	16	8	18	8	20
Huecos en la mezcla total %						
Capas de superficie o nivelación	3	5	3	5	3	5
Sheet asphalt con arena o piedra	3	8	3	8	3	8
Capas intermedia o de base	3	8	3	8	3	8
Huecos de los áridos rellenos de asfalto %						
Capas de superficie o nivelación	75	82	75	85	75	85
Sheet asphalt con arena o piedra	65	72	65	75	65	75
Capas intermedia o de base	65	72	65	75	65	75

FUENTE: MANUAL DEL INSTITUTO DEL ASFALTO – TABLA IV-9 PAG. 101

### 3.2.2.4. Mezcla asfáltica en frío

Galván, (2015), una mezcla asfáltica es el producto que se obtiene de incorporar y distribuir Uniformemente un ligante asfáltico sobre un material pétreo en proporciones Determinadas de acuerdo a un diseño. Estas proporciones determinan las propiedades físicas de la mezcla resultante y se emplean ensayos de laboratorio para lograr la caracterización, tanto para los componentes como para la combinación de éstos. En la siguiente figura se visualizan los componentes de una mezcla asfáltica.

FIGURA 6: COMPONENTES DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA



FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO RECICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

Un factor importante a conocer es el valor de la temperatura, que depende del empleo final de la mezcla en obra. De acuerdo a este parámetro, se producen las mezclas en caliente o mezclas en frío. Las mezclas asfálticas en frío son aquellas que se colocan en obra a una temperatura ambiente, empleando una gran variedad de agregados, de canteras o material reciclado, y emulsiones asfálticas.

#### 3.2.2.4.1. Reciclado de pavimento

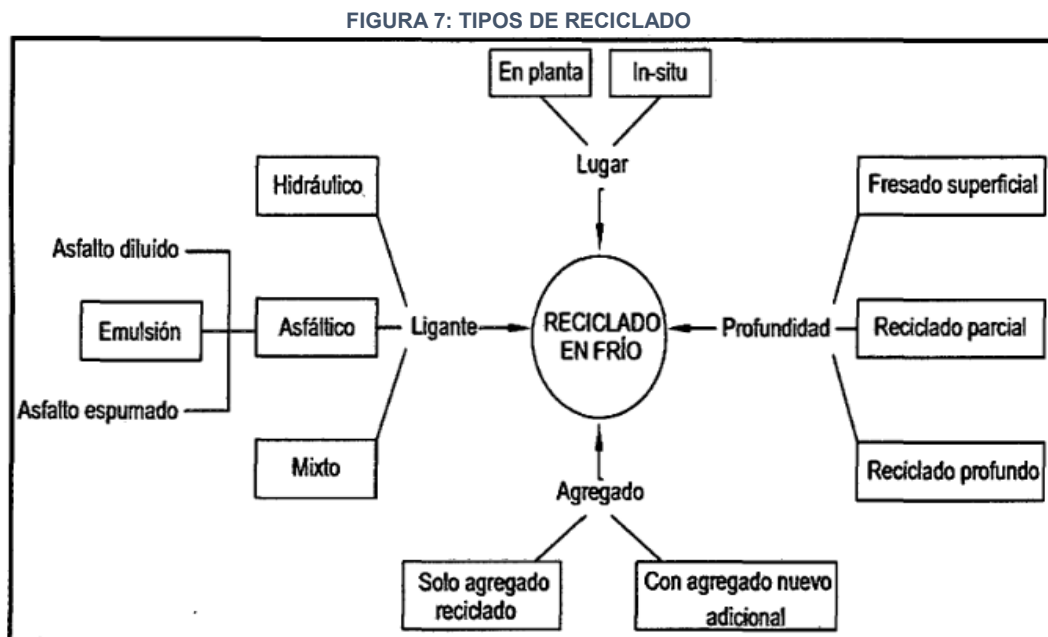
Es una técnica que se presenta como alternativa de rehabilitación para pavimentos asfálticos deteriorados. Consiste en la reutilización del material de un pavimento que, al presentar daños funcionales o estructurales, es reciclado y sometido a un procesamiento y tratamiento, sin aplicación de calor, para producir una capa de pavimento restaurado.



El pavimento puede ser retirado por un equipo fresador, el cual disgrega el material de modo tal que pueda ser reutilizado en el mismo lugar o bien transportado a una planta para ser utilizado o almacenado para otro proyecto vial. Cuando no se dispone de una fresadora, el pavimento puede ser removido con métodos convencionales, transportado a una planta trituradora/seleccionadora y utilizarse en la preparación de mezclas en planta.

El proceso y tratamiento del reciclado se logra mediante el mezclado del pavimento recuperado, RAP en sus siglas en inglés por Reclaimed Asphalt Pavement, con asfalto y agregado nuevo. Como resultado se dan diversos tipos de reciclado de pavimentos en frío, establecidos de acuerdo a ciertos elementos como el lugar de realización del tratamiento, la adición o no de agregado nuevo, la profundidad de fresado del pavimento y el uso de algún ligante asfáltico, en el gráfico se muestran los tipos.

### 3.2.2.4.2. Tipos de reciclado



FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO RECICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

Existen diferencias tanto en la finalidad como en el proceso constructivo entre algunos tipos mostrados, tal es el caso entre un fresado superficial y un reciclado profundo, y muchas similitudes entre otros, como un reciclado parcial con emulsión o uno con asfalto espumado

- a) Según el lugar en que se realice, puede desarrollarse una mezcla in-situ, donde todo el fresado y procesamiento para el mezclado del RAP se realiza sobre la superficie misma en que se colocará, disminuyendo de esta manera los costos de transporte del material a una planta. De realizarse la mezcla en planta, el RAP fresado es transportado para ser acopiado y evaluado, logrando producir mezclas de mejor calidad al otorgar el reforzamiento adecuado específico para un determinado proyecto.
- b) El estado de deterioro del pavimento determina la profundidad de reciclado. El Reciclado Superficial es el fresado controlado del pavimento para restaurar la superficie, donde rugosidad, ahuellamiento y otras irregularidades pueden ser removidas, dejando una textura superficial uniforme y con una resistencia al deslizamiento mejorada. Cuando se necesita actuar sólo sobre capas asfálticas, sin llegar a la base granular, se realiza un Reciclado Parcial como medio para eliminar agrietamientos severos y calidad de rodadura, siendo utilizado como técnica de corto o mediano plazo y ejecutado hasta profundidades que varían normalmente entre 80 mm y 150 mm. Cuando el pavimento sufre daños estructurales que se extienden más allá de la carpeta asfáltica y comprometen la estabilidad de la base, se realiza un reciclado profundo o total, conocido como "full depth reclamation", técnica en la cual la totalidad de la carpeta asfáltica y buena parte del espesor de la base son reciclados. Pueden corregirse secciones transversales débiles, incrementar la capacidad soportante de las base, y utilizar el 100% del material existente. Se considera una estrategia de mediano o largo plazo, siendo realizado este tipo de reciclado a una profundidad mayor a los 150 mm.
- c) e) Las mezclas con material reciclado podrán requerir la adición de agregado cuando sea necesario corregir la granulometría del RAP.
- d) Los ligantes para el reciclado son utilizados con el objetivo común de unir partículas individuales entre sí, incrementando la resistencia del material y hacerlo más resistente al agua. Puede emplearse un material asfáltico, hidráulico o uno mixto. Debido a las ventajas que presenta frente a otros, el uso de emulsiones asfálticas como aditivo asfáltico es

cada vez más generalizado, resultando su empleo, junto al material reciclado, una buena forma de reducir efectos dañinos sobre el medio ambiente.

#### **3.2.2.4.3. Ensayos realizados al rap**

Para la utilización del material reciclado, se realizan ensayos de laboratorio que permiten analizar las características que presenta y establecer las condiciones iniciales de ingreso del material en un diseño de pavimento. El material reciclado del pavimento, después de ser separado del asfalto envejecido, es sometido a los mismos ensayos empleados para un agregado nuevo, descritos y normados por organizaciones internacionales como la American Society for Testing and Materials (ASTM) o la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

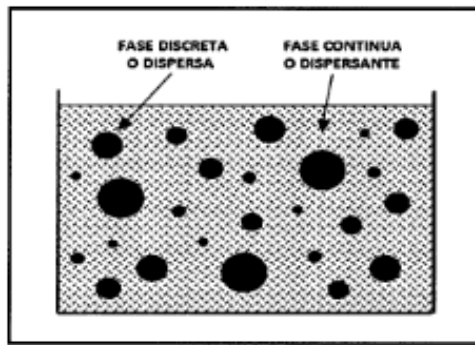
#### **3.2.2.4.4. Especificaciones técnicas para rap**

Según las Especificaciones técnicas del MTC (EG-2013) Capítulo 4 (Sección 437-pavimento con mezcla asfáltica reciclado en frío), establece los rangos de valores que debe cumplir la granulometría final de un agregado.

#### **3.2.2.4.5. Emulsión asfáltica**

Para que el asfalto pueda ser empleado en pavimentación es necesario fluidificarlo, bien sea calentándolo, diluyéndolo o emulsionándolo. La alternativa de emulsionar el asfalto con agua brinda mayor protección ambiental al emplear menor cantidad de energía para su producción y no producir contaminación durante su aplicación, ya que evapora agua en lugar del solvente utilizado en los asfaltos diluidos o el volátil presente en los asfaltos en caliente. Desde un punto de vista físico químico, una emulsión es una dispersión, más o menos estable, de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un agente emulsionante. Al tratarse de dos elementos parcial o totalmente inmiscibles, forman dos fases: la llamada fase continua (o dispersante) y la fase dispersa (o discreta).

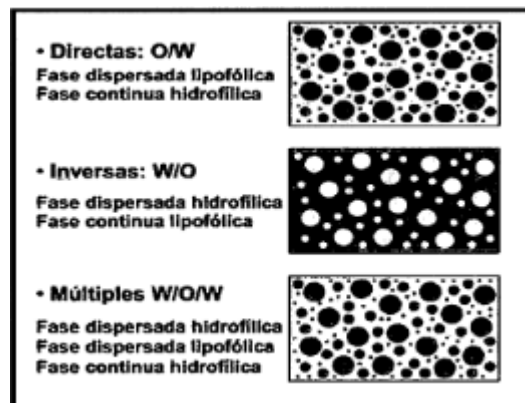
FIGURA 8: ESQUEMA DE UNA EMULSIÓN



FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

De acuerdo al tipo de líquido que conforma cada fase, las emulsiones pueden ser directas, inversas o múltiples. Las emulsiones directas, también llamadas O/W o aceite en agua, son aquellas donde la fase dispersa es una sustancia lipofílica (grasosa o aceitosa) y la fase continua es hidrofílica (normalmente agua). En las emulsiones inversas por el contrario, la fase dispersa es una sustancia hidrofílica y la fase continua es lipofílica, siendo denominadas W/O o agua en aceite. En las emulsiones múltiples o W/O/W, la fase dispersa contiene una emulsión inversa y la fase continua es un líquido acuoso.

FIGURA 9: EMULSIONES

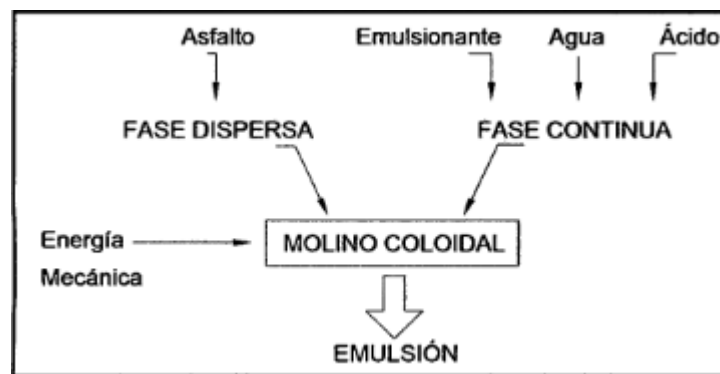


FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

Siendo la emulsión asfáltica una fina dispersión de partículas de asfalto (fase dispersa) en agua (fase continua), se clasifica como una emulsión del tipo directa (O/W), donde ambos líquidos se mantienen estables gracias a un agente emulsionante (surfactante) que al rodear la gota de asfalto proporciona la repulsión necesaria para conservar la estabilidad del sistema hasta su

aplicación. Esta dispersión del asfalto se obtiene al aplicar una energía de cizallamiento mediante un molino coloidal, a través del cual se hace circular simultáneamente agua y asfalto en proporciones prefijadas. La inalterabilidad de la dispersión se consigue a partir de la incorporación del agente emulsionante, que aporta una energía físico-química capaz de mantener el equilibrio de las partículas. Este componente se introduce en la fase acuosa y, de acuerdo a su composición y proporción, fija parámetros básicos que definen el comportamiento final de la emulsión, entre ellos la velocidad de rotura, la viscosidad, entre otros.

FIGURA 10: FLUJO DE COMPONENTES EN LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN



FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

### 3.2.2.5. Proceso para la emulsión

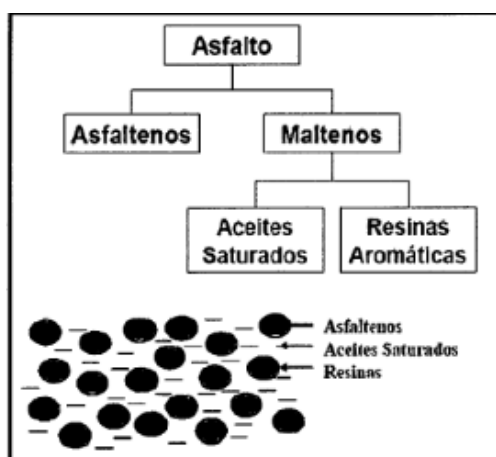
#### 3.2.2.5.1. Componentes de la emulsión

El asfalto, el agua y el agente emulsivo son los tres componentes básicos de una emulsión asfáltica, aunque para casos específicos de un proyecto podrían añadirse algunos aditivos, como estabilizadores, mejoradores de adherencia, mejoradores de recubrimiento, o agentes de control de rotura. El objetivo es lograr una dispersión del asfalto en el agua lo suficientemente estable para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado y mezclada. Más aún, la emulsión deberá romper al entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o al ser distribuida sobre la superficie a trabajar. La rotura es la separación del agua del asfalto, conservando este último toda la capacidad adhesiva, la durabilidad, y la impermeabilidad propias del cemento asfáltico con el cual fue elaborado.

El asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos, en el cual es difícil establecer una distinción clara entre la fase continua y la

dispersa, y constituye entre un 50% y un 75% de la emulsión. Los asfaltos más utilizados en el mundo son los derivados de petróleo, que se obtienen por medio de un proceso de destilación industrial del crudo. El modelo adoptado para configurar la estructura del asfalto se denomina modelo micelar, en el cual existen dos fases: una discontinua (aromática) formada por los asfáltenos y una continua que rodea y solubiliza a los asfáltenos, denominada maltenos. Estos maltenos y asfáltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites.

FIGURA 11: COMPOSICIÓN DEL ASFALTO



FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO RECICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

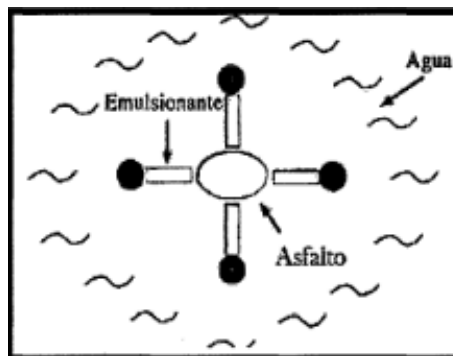
### 3.2.2.5.2. Composiciones de la emulsión

El agua es otro componente en la emulsión. Aunque el efecto del agua no ha sido completamente establecido, existen ciertos factores que deben ser tomados en cuenta para preparar una emulsión asfáltica. Como es bien sabido, el agua de suministro nunca es completamente pura. Contiene impurezas que se encuentran en forma de dispersiones coloidales o en solución y afectan en cierto grado la calidad de la emulsión resultante. Por tal motivo, siempre conviene determinar cantidades y tipos de impurezas que contiene el agua a usar.

Otro componente es el agente emulsivo o emulsionante, el cual se representa por un agente tensoactivo que tiene como finalidad mantener las gotitas de asfalto en suspensión estable y controlar el tiempo de rotura. Poseen una parte apolar y lipófila que tiene afinidad por el asfalto, y otra polar e hidrófila que tiene afinidad por el agua, su distribución, al fabricar la emulsión, permite que los glóbulos de asfalto tengan cargas eléctricas en. Superficie y suficiente

repulsión entre ellos para un correcto transporte y almacenaje sin que se produzca su coalescencia.

FIGURA 12: AGENTE EMULSIONANTE

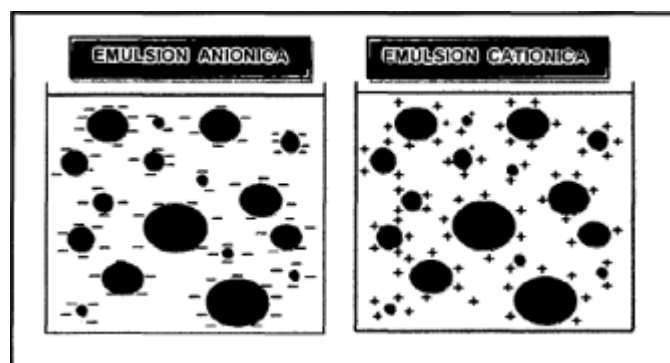


FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO RECICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

### 3.2.2.5.3. Tipos de emulsión

Se divide en tipos según su carga eléctrica y según su velocidad de rotura. De acuerdo a la carga eléctrica presente en las partículas de asfalto, como se, las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas, catiónicas o no iónicas cuando no poseen carga alguna. Cuando el glóbulo de asfalto, por la presencia del emulsionante en su superficie, adquiere carga positiva se dice que la emulsión es Catiónica (+). Si por el contrario la carga eléctrica del glóbulo de asfalto es negativa, se estará en presencia de una emulsión aniónica (-).

FIGURA 13: EMULSIONES SEGÚN SU CARGA



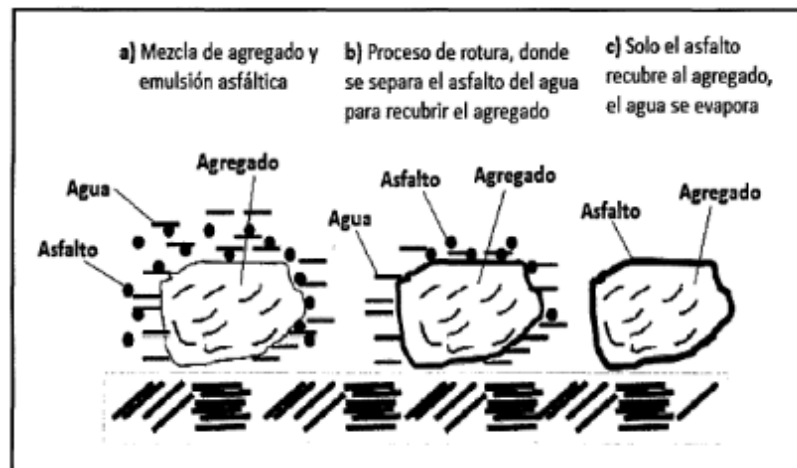
FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO RECICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

En cuanto a la utilización de cada uno, fundamentalmente son el agregado y el clima los que definen la naturaleza de la emulsión a emplear, sea catiónica o aniónica, siendo estas últimas de muy reducida aplicación y requieren condiciones ambientales muy favorables. Las catiónicas se adaptan

perfectamente a la mayor parte de los agregados de cualquier naturaleza y permiten trabajar en condiciones ambientales más desfavorables.

Cada uno de estos dos grandes grupos de emulsiones puede dividirse a su vez en función de su velocidad de rotura, es decir, la velocidad con que las gotas de asfalto coalescen (se juntan restaurando el volumen de asfalto), relacionado íntimamente con la rapidez con que la emulsión se vuelva inestable y rompa tras entrar en contacto con el agregado. El proceso de rotura es inminentemente necesario, debido a que se necesita que el material sea recubierto por el asfalto. La rotura de la emulsión se debe a la carga que tiene el agregado, el cual neutraliza la carga del asfalto en la emulsión. De esta manera la pequeña carga que tiene la emulsión se irá moviendo hacia el agregado que tiene carga opuesta y comenzará a formarse partículas de asfalto de gran tamaño, el mismo que comenzará a recubrir el agregado, mientras el agua es eliminada del asfalto- agregado. En el grafico N°17 se observa el proceso que sigue la emulsión cuando se junta con el agregado, dando paso a la rotura de la emulsión de manera que sea el asfalto quien recubre al agregado. La rotura de una emulsión es un factor decisivo para definir la emulsión a usar en la obra según sea el tipo de tratamiento.

FIGURA 14: PROCESO DE ROTURA DE LA EMULSIÓN



FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

Las emulsiones de rotura rápida (RS), rompen en muy corto tiempo (usualmente algunos minutos), se utilizan en trabajos de riego y tratamientos superficiales. Tienen escasa o ninguna habilidad para mezclarse con un agregado que contenga finos, puesto que al ponerse en contacto con éstos,



el rompimiento es casi de inmediato, por lo tanto el recubrimiento del material pétreo es insuficiente. Con las denominadas emulsiones de rotura media (MS) y la de rotura lenta (SS), es posible efectuar una amplia gama de mezclas en frío, según el tipo y granulometría del agregado o condiciones climáticas. Las emulsiones de rotura media mezclan bien con agregados gruesos, mientras que las de rotura lenta están diseñadas para mezclar con finos.

#### 3.2.2.5.4. Nomenclaturas para emulsiones asfálticas

La nomenclatura usada para la identificación de un determinado tipo de emulsión asfáltica, sean aniónicas o catiónicas, acorde a las normas AASHTO y ASTM.

TABLA 12: NOMENCLATURA PARA EMULSIONES

Emulsión aniónica	Emulsión catiónica
RS-1	CRS-1
RS-2	CRS-2
MS-1	----
MS-2	CMS-2
MS-2h	CMS-2h
HFMS-1	----
HFMS-2	----
HFMS-2h	----
SS-1	CSS-1
SS-1h	CSS-1h
QS-1h	CQS-1h

FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

Donde:

- La letra C indica que es una emulsión catiónica. La ausencia de esta letra indica una emulsión aniónica.
- Las cifras 1 y 2 indican la viscosidad. Un valor igual a 1 indica una viscosidad baja y para un valor igual a 2 una viscosidad alta.
- La letra "h" incluida en algunos grados indica que la base asfáltica es más consistente (hard, dura). Quiere decir que en muchos casos en función del clima en obra, se necesitará que la emulsión tenga un residuo de mayor dureza. La letra "s" indicaría que la base es más blanda (soft).
- Las letras HF significa alta flotación.

### 3.2.2.5.5. Ensayos de laboratorio para emulsión asfáltica

La correcta interpretación de resultados de los ensayos de laboratorio puede ayudar en gran medida en la determinación de las características de una emulsión. Las propiedades de las emulsiones asfálticas son determinadas mediante ensayos en conformidad a la norma ASTM D 244 o AASHTO T59. Estos ensayos, fueron diseñados para medir cualidades relacionadas con la composición, consistencia, estabilidad, performance, entre otros.

TABLA 13: ENSAYOS PARA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Ensayo	Descripción	Normativa
Carga de partículas	Identifica si una emulsión es catiónica o aniónica.	ASTM D244 AASHTO T 59
Viscosidad Saybolt Furol	Mide viscosidad de la emulsión, expresado en segundos Saybolt Furol, a temperaturas de 25°C (77°F) o 50°C (122°F).	ASTM D244
Sedimentación y Estabilidad para Almacenamiento	Detecta la tendencia de los glóbulos de asfalto a sedimentar a lo largo de un periodo de tiempo.	ASTM D244
Mezcla con cemento	Indica la capacidad de una emulsión de rotura lenta para mezclarse, sin romper, con un material de alta superficie específica.	ASTM D244
Recubrimiento en campo	Realizado in-situ para determinar capacidad para recubrir al agregado, resistir los efectos del mezclado y resistencia al agua del agregado recubierto.	ASTM D244
Residuo asfáltico por destilación	Separación de agua y asfalto por destilación, obteniendo un residuo asfáltico. Sobre el residuo pueden realizarse ensayos adicionales, con el objeto de determinar propiedades físicas del asfalto de uso final	ASTM D244

FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

Las mismas características deseables en el cemento asfáltico base deben manifestarse en el asfalto residual luego de la emulsificación y de la coalescencia. Los ensayos realizados al residuo.

TABLA 14: ENSAYOS AL ASFALTO RESIDUAL

Ensayo	Descripción	Normativa
Gravedad específica	Útil para hacer correcciones de volumen a diversas temperaturas.	ASTM D 070 / AASHTO T 228
Penetración	Es una medida de la dureza del residuo asfáltico a la temperatura especificada.	ASTM D 5 / AASHTO T 49
Ductilidad	Es la capacidad del asfalto para ser estirado formando un "hilo" delgado.	ASTM D 113 / AASHTO T 51
Flotación	Se realiza sobre el residuo obtenido de la destilación de emulsiones asfálticas de alta flotación. El ensayo es una medida de la resistencia a fluir a una elevada temperatura	ASTM D 139 / AASHTO T 50
Punto de ablandamiento. Ensayo anillo y esfera.	Es la temperatura para la cual unos discos de asfalto se ablandan lo suficiente para dejar caer unas esferas.	ASTM D 36 / AASHTO T 53

FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

### 3.2.2.5.6. Especificaciones para emulsiones asfálticas

La tabla muestra las especificaciones para emulsiones asfálticas catiónicas indicadas en el Manual de Carreteras EG-2013 Sección 415.04, basado en las especificaciones y ensayos estándar de la ASTM y AASHTO.

TABLA 15: ESPECIFICACIONES PARA EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA

Tipo	Rotura Lenta			
	CSS-1		CSS-1h	
	min	max	min	max
<b>Prueba sobre Emulsiones</b>				
Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	20	100	20	100
Estabilidad de Almacenamiento, 24 h, %		1		1
Carga de partícula	Positivo		Positivo	
Prueba de tamiz %	-	0.10	-	0.10
Mezcla con cemento, %	2.0		2.0	
<b>Destilación:</b>				
% Residuo	57	-	57	-
<b>Pruebas sobre el Residuo de destilación:</b>				
Penetración, 25°C, 100 g, 5s	100	250	40	90
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40		40	
Solubilidad en Tricloretileno, %	97.5		97.5	

FUENTE: GALVÁN HUAMANI, Luis (2015). CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON PAVIMENTO REICLADO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

### **3.2.2.6. Método de illinois para el diseño de mezclas en frio emulsión-agregado.**

#### **Generalidades**

##### **a) Aplicabilidad**

Darter, Michel. Wilkey, Patrick. Ahlfield, Steven. Wasill, Richard, (Febrero de 1978), este método de diseño para mezclas en frio emulsión asfáltica-agregado está basado en una investigación inicial en la Universidad de Illinois usando el método de diseño de mezclas, Marshall modificado y el ensayo de durabilidad húmeda. Se recomienda este diseño para mezclas en vía o mezclas en planta preparadas a la temperatura ambiente.

##### **b) Bosquejo del método**

El procedimiento comprende lo siguiente:

- 1) Ensayos de calidad del agregado. Se realizan ensayos para determinar las propiedades del agregado y su conveniencia para el uso en mezclas con emulsión asfáltica
- 2) Ensayos de calidad de las emulsiones asfálticas: Se realizan ensayos para determinar las propiedades y calidad de la emulsión.
- 3) Tipo y cantidad aproximada de emulsión: Se usa un procedimiento simplificado para estimar el contenido tentativo de asfalto residual para un agregado dado. Usando el contenido de asfalto tentativo se realizan ensayos de recubrimiento para determinar la conveniencia y tipo de emulsión, cantidad de emulsión y agua requerida en la premezcla.
- 4) Humedad de compactación: Usando un contenido de asfalto residual tentativo y el agua requerida en la mezcla, se preparan mezclas y se airean a varios contenidos de humedad, la mezcla se compacta entonces dentro de moldes Marshall para luego ser curadas en seco durante un día y ensayadas en estabilidad Marshall modificado.
- 5) Variación del contenido de asfalto residual: Usando el contenido de agua requerido en la mezcla y la humedad de compactación óptima se preparan mezclas variando el contenido de asfalto residual. Si el contenido de agua óptimo de compactación es menor que el mínimo contenido de agua de mezcla requerido antes de la compactación, se requiere aireación. Las mezclas se compactan entonces dentro de moldes Marshall y se curan al aire durante tres días. Las muestras se

ensayan para determinar su densidad Bulk, estabilidad Marshall modificada y flujo.

- 6) Selección del contenido óptimo de asfalto: Se elige el contenido óptimo de asfalto como el porcentaje de emulsión a la cual la mezcla de pavimento satisface de la mejor manera todos los criterios de diseño.

### **Ensayos sobre los agregados**

Las propiedades del agregado son un factor determinante en muchas de las elecciones relacionadas con la mezcla óptima. Por lo tanto son necesarios los ensayos sobre los agregados. Se puede utilizar con las emulsiones una amplia variedad de materiales que incluye piedra triturada, roca, grava, arena, arena limosa, grava arenosa, escoria, material de recuperación de terrenos, desechos de explotación mineral u otros materiales inertes.

Se requieren aproximadamente 80 lb (36.3 kg) de agregado para realizar los ensayos sobre el material.

Adicionalmente se requieren 150 lb (68.1 kg) de agregado para cada tipo y grado de emulsión por evaluar en el diseño de la mezcla.

#### **a) Ensayos sobre el agregado**

Los siguientes ensayos deben ser ejecutados sobre las fuentes de agregado obtenidas de una cantera:

1) Análisis por tamizado de agregado fino y grueso:

- Tamizado en seco ASTM C136 AASHTO T27
- Tamizado en húmedo ASTM C117 AASHTO T37

2) Densidad y absorción del agregado grueso:

- ASTM C127 AASHTO T85 MTC E-206

3) Densidad y absorción del agregado fino:

- ASTM C128 AASHTO T84 MTC E-205

4) Equivalente de arena del agregado fino

- ASTM D2419 AASHTO T176 MTC E-209

Ensayos adicionales propuestos para los agregados

5) Solidez de los agregados al uso de sulfato de sodio o de magnesio:

- ASTM C88 AASHTO T104 MTC E-209

6) Desgaste del agregado grueso en la máquina de los ángeles

- ASTM C131 AASHTO T96 MTC E-207

Ensayos adicionales de calidad pueden ser exigidos por entidades particulares.

### **Ensayos sobre la emulsión asfáltica**

Las especificaciones de entidades para emulsiones, usualmente corresponden a los ensayos estándar y especificaciones de la ASTM o de la AASHTO y se listan a continuación:

- Catiónicas ASTM D2397 AASHTO M208
- Aniónicas ASTM D977 AASHTO M140

En algunos casos se exigen especificaciones adicionales para otros tipos de emulsiones tales como emulsiones de alta flotación (HFE). Estas especificaciones difieren un poco de entidad a entidad y deben ser comprobadas antes de la evaluación para el uso de mezclas emulsión-agregado.

Se requiere aproximadamente un galón (4 lt.) de cada tipo de emulsión y grado considerado para el proyecto y para cada tipo de agregado por evaluar durante el diseño de la mezcla.

### **Contenido asfalto residual tentativo**

El primer paso es establecer el contenido de asfalto residual tentativo. Se desarrolló ecuaciones para obtener un valor aproximado del contenido de asfalto residual. La información requerida para el uso de este método se obtiene del análisis de la gradación del agregado por tamizado.

#### **a) Cálculo del contenido de asfalto residual tentativo**

$$R = 0.00138AB + 6.358 \log_{10} C - 4.655$$

R= contenido de asfalto residual tentativo como porcentaje de peso seco de agregado.

A= porcentaje de agregado retenido sobre el tamiz 4.75 mm(N°4)

B= porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz 4.75 mm(N° 4) y se retiene en el tamiz 75 um (N° 200)

C= porcentaje de agregado que pasa el tamiz 75 um (N° 200)

### **b) Método del instituto del asfalto (usa)**

$$P = 0.035 a + 0.045 b + kc + K$$

Donde:

P = Porcentaje de cemento asfáltico respecto al peso de la mezcla

a = Porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 10

b = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 10 y se retiene en el tamiz N° 200

c = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200

k = Toma los siguientes valores:

0.20 Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 varía del 11% al 15%

0.18 Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 varía del 06% al 10%

0.15 Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 es menos del 05%

K = Varía de 0 a 2, dependiendo del grado de absorción de los pétreos.

Alta absorción: K = 2

### **Recubrimiento**

#### **a) En general**

La selección del tipo y grado de emulsión asfáltica para ser usada en un proyecto particular se basa en gran parte en la capacidad de la emulsión para recubrir adecuadamente el agregado de trabajo. Algunos factores que afectan la selección son:

- (1) Tipo de agregado,
- (2) Gradación del agregado y características de los finos,
- (3) Contención de agua en el sitio de la construcción,
- (4) Disponibilidad de agua en el sitio de la construcción.

Más de un tipo de emisión es a menudo aceptable para un agregado dado, la selección debe basarse en las propiedades de la mezcla. Factores adicionales que no pueden ser evaluados en el momento del diseño de la mezcla pero que deben ser tenidos en cuenta en el momento de la construcción son:

- (1) Clima anticipable durante el tiempo de construcción.
- (2) Tipo y proceso de mezcla.
- (3) Selección del equipo de construcción y procedimiento de campo usado.

#### **b) Ensayo de recubrimiento**

La evaluación preliminar de cada emulsión seleccionada para el diseño de la mezcla se lleva a cabo en el ensayo de recubrimiento. El contenido de asfalto residual tentativo como se determinó en el inciso a) cálculo del contenido de asfalto residual tentativo, se combina con el agregado de trabajo y se estima visualmente el recubrimiento como un porcentaje del área total. La habilidad de la emulsión para recubrir un agregado es usualmente afectada por el contenido de agua de pre mezcla en el agregado. Esto es especialmente cierto para agregados que contienen un alto porcentaje de material que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (n°200), donde, insuficiente agua de pre mezcla resulta en un aglutinamiento del asfalto con los finos y por lo tanto un recubrimiento insuficiente. Por esta razón el ensayo de recubrimiento se ejecuta a diferentes contenidos de agua del agregado. Las emulsiones que no cumplan en el ensayo de recubrimiento no serán utilizadas posteriormente. Los detalles del procedimiento para el ensayo de recubrimiento se listan a continuación.

##### (1) Equipo

- (a) Balanza 5.000 g de capacidad mínima y precisión dentro de  $\pm 0.5$  g
- (b) Equipo de mezcla preferiblemente mecánico y capaz de producir una mezcla manual debe ser lo suficientemente fuerte para dispersar uniformemente el agua y la emulsión a través del agregado.
- (c) Plato caliente u horno a  $230 \pm 9^\circ\text{F}$  ( $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ )
- (d) Recipiente de mezcla con fondo circular (aproximadamente 5 cuartos (4.7lt) de capacidad).
- (e) Cucharas de mezcla metálicas (aproximadamente 10 pg (25.4 cm)
- (f) Una probeta graduada de 100 ml de capacidad.

##### (2) Procedimiento

- (a) Obtener muestras representativas de cada emulsión considerada para el proyecto.



- (b) Obtener muestras representativas del agregado de trabajo o agregado de mezcla.
- (c) Prepare el agregado sacándolo al aire hasta que este fácilmente separado dentro de varios tamaños usando los siguientes tamices 25.0 mm (1pg), 109.0 mm (3/4 pg). 12.5 mm (1/2pg), 9.5 mm (3/8 de pg), y 4,75mm ( N° 4). El secado se realiza hasta la porción que pasa el tamiz 4.75 mm (N°4) presente una constancia de libre fluencia. Puede usarse cualquier medio del secado que no exceda debe revolverse frecuentemente para prevenir la formación de terrones.
- (d) Determine el contenido de humedad de la muestra secada al aire de acuerdo con el método de ensayo ASTM D2216 “Determinación en el laboratorio del contenido de humedad en suelos” y anótela.
- (e) Pese un número suficiente de cochadas de agregado de trabajo seco al aire para las mezclas de ensayo. El peso de la cochada debe ser aproximadamente 2000 g (como base del agregado seco): Estas cochadas deber ser preparadas para obtener fracciones exactas del material retenido en los tamices 25 mm (1 pg), 19 mm (3/4 pg), 12.5 mm (1/2 pg), 9.5mm (3/8 pg) y 4.75mm, combinados con la fracción que pasa por el tamiz 4.75 mm para producir la mezcla entera.
- (f) Coloque una cochada del agregado en el recipiente de mezcla del mezclador mecánico. Incorpore un X % de agua como porcentaje en peso de agregado seco, en exceso del agua contenida en el agregado previamente secado al aire. El agua debe ser añadida en una corriente delgada y el agregado mezclado hasta que el agua se disperse totalmente. Seleccione el porcentaje inicial de agua X teniendo en cuenta el siguiente criterio:
1. Emulsión aniónica. El ensayo inicial puede realizarse sin la adición de agua (p.e. la condición del agregado secado al aire).
  2. Emulsión catiónica. A menudo se requiere un mayor contenido de agua para producir una mezcla satisfactoria; comience el ensayo de recubrimiento con un 3% de agua añadida.

En agregados con arcilla estos deben colocarse en un recipiente cerrado por un mínimo de 15 horas antes de la adición de la emulsión.

- (g) Añada la cantidad de emulsión (como porcentaje en peso de agregado seco) tal como se determinó en el artículo a) cálculo del contenido de asfalto residual tentativo
- (h) la emulsión debe ser añadida también en una corriente delgada para minimizar la tendencia del asfalto a formar grumos con el agregado fino.  
Aproximadamente 5 minutos de mezclado son usualmente satisfactorios. Si se usa el mezclado manual este debe ser lo suficientemente enérgico para dispensar el asfalto por toda la mezcla.
- (i) Calcule el contenido de agua libre del agregado en la mezcla combinando el contenido de humedad del agregado como se determinó en la etapa (d) con el porcentaje de agua añadido en la etapa (f).
- (j) Permita el secado al aire de la mezcla con la ayuda de una estufa eléctrica, o coloque la mezcla en un horno a  $230 \pm 10^{\circ}\text{F}$  ( $110^{\circ} \pm 5.5^{\circ}\text{C}$ ). prepare una nueva cochada y repita los pasos (f), (g) y (h) añadiendo un incremento adicional del 1% de agua como porcentaje en peso de agregado seco. las mezclas que comiencen a ser fluidas o a segregarse se consideran inaceptables. Si esto sucede proceda al paso (j).
- (k) Califique la apariencia de la superficie de la mezcla seca por estimación visual del área superficial del agregado cubierta con asfalto. Para cada contenido de agua de premezcla anote el recubrimiento estimado como un porcentaje del área total. Recubrimiento del agregado en exceso del 50% debe considerarse aceptable (ver nota 1). Si la mezcla no obtiene el 50% de recubrimiento con ningún contenido de agua la emulsión debe ser rechazada para posterior consideración.
- (l) Para emulsiones aniónicas anote los siguientes contenidos de agua:

1. Mínimo contenido de agua de premezcla para obtener el 50% de recubrimiento.
2. Contenido de agua de premezcla para obtener el recubrimiento óptimo.
3. Máximo contenido de agua de premezcla para obtener el 50% de recubrimiento.

El límite del contenido de agua premezcla, mínimo a máximo, para obtener el 50% de recubrimiento debe ser el límite aceptable para los contenidos de agua de la mezcla en la construcción a menos que el contenido de agua en la compactación presentada en la sección (contenido óptimo de agua en la compactación) determine el límite, todas las mezclas siguientes deben hacerse a los contenidos de agua que produzcan el recubrimiento óptimo (ver nota 2).

(m) Las emulsiones asfálticas catiónicas generalmente exhiben un incremento de recubrimiento a medida que se incrementa el contenido de agua de premezcla. En algún punto la cantidad de agua disponible es suficiente para obtener una dispersión óptima del asfalto y un incremento adicional de agua no mejora el recubrimiento. Este resultado debe ser tomado como el mínimo contenido de agua de premezcla requerido para la mezcla. Todas las siguientes mezclas en el proceso de diseño deben realizarse con el contenido de agua mínimo de premezcla.

NOTA 1: Es importante reconocer que el 100% de recubrimiento común en mezclas en caliente es deseable pero no se requiere. Suficiente asfalto para producir el 100% de recubrimiento puede resultar en un excesivamente alto contenido de asfalto.

NOTA 2: Algunas combinaciones de agregado y emulsión no son significativamente afectadas por la variación del contenido de agua en la mezcla. En estos casos las mezclas pueden ser realizadas con un contenido de agua óptimo como se determina en la compactación.

## **Preparación de muestras**

### **a) En general**

El procedimiento y diseño de mezclas utiliza muestras Marshall estándar e la evaluación de las propiedades de la mezcla. Para obtener resultados adecuados. Se preparan dos series de tres muestras cada una para ser utilizadas una serie en el ensayo de estabilidad y la otra en el ensayo de inmersión.

### **b) Equipo**

El equipo requerido para la preparación de las muestras de ensayo es el siguiente:

- (1) Cucharón para mezclar los agregados
- (2) Termómetro con armadura de vidrio o de tipo indicador con vástago metálico, rango + 50° F (10°C) a 150° F (65.5° C).
- (3) Balanza de capacidad 10 Kg y sensibilidad  $\pm 1$ g para pesar los agregados y las mezclas aireadas.
- (4) Balanza 2 Kg de capacidad, sensibilidad  $\pm 0.1$  g para pesar las muestras compactadas determinar la densidad bulk.
- (5) Cucharón de mezcla largo.
- (6) Espátula pequeña y larga.
- (7) Mezclador mecánico con capacidad para manejar 7000 g.
- (8) Pedestal de compactación, el cual consiste en poste de madera de 8x8x18 pg, (200x200x460 mm) con una placa de acero de 12x12x1 pg (305x305x25 mm). El poste ser de roble, pino amarillo o cualquier otra madera que tenga un peso unitario seco de 42 a 48 LB/PIE3 (673 a 769 KG/M3). El poste de madera debe asegurarse a una base de concreto solida mediante cuatro ángulos. La placa de acero debe ser firmemente asegurada al poste. El pedestal será instalado en posición vertical y su superficie nivelada. El conjunto estará libre de movimiento durante la compactación. Este equipo también se usa para realizar diseño de mezclas en caliente por el método Marshall.
- (9) Molde de compactación que consiste en una platina de base, el molde propiamente dicho y un collar de extensión. El molde tiene un diámetro interno de 4 Pg (101.6 mm) y una altura de apropiadamente 3 Pg (76

mm); la placa base y el collar de extensión están diseñados de tal forma que sean intercambiables en ambos extremos del molde. Este equipo también se utiliza para realizar el diseño de mezclas en caliente por el método Marshall.

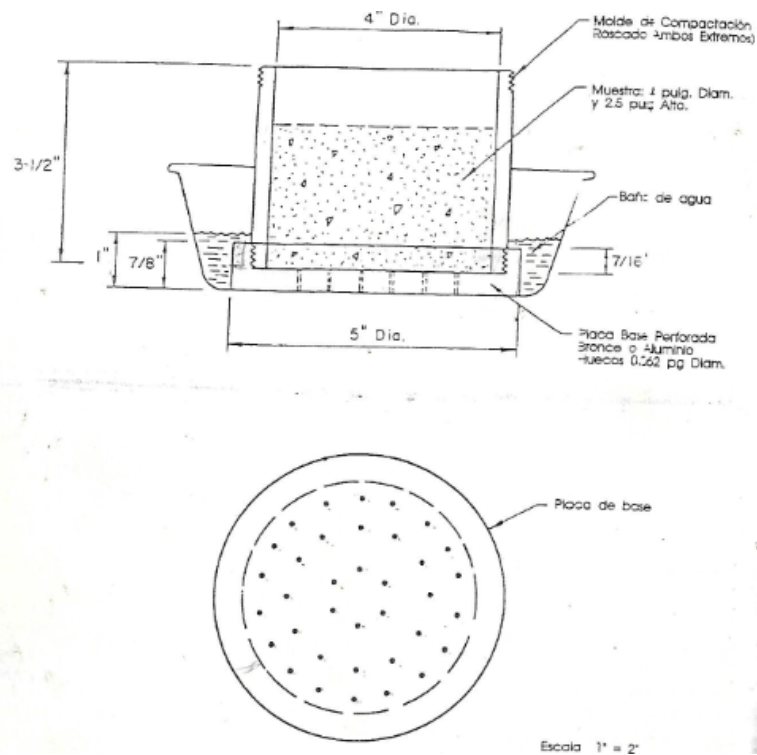
- (10) Molde de compactación para inmersión, igual al molde anterior pero con roscas en sus extremos. Este molde se atornillara a la rosca que se encuentra en la placa base.
- (11) Martillo de compactación consistente en una zapata circular de diámetro 3-7/8 de Pg (98.4 mm), equipado con un peso de 10 lb (4.5 Kg) el cual se deja caer desde una altura de 18 Pg. (457 mm). Este equipo también se utiliza para ejecutar el diseño de mezclas en caliente por el método Marshall.
- (12) Sostenedor del molde. Consistente en un resorte a tensión diseñado para mantener el molde de compactación en su lugar durante el proceso de compactación sobre el pedestal. Este equipo también utiliza para ejecutar el diseño de mezclas en caliente por el método Marshall.
- (13) Tornillo para extracción de las muestras compactadas del molde.
- (14) Guantes para el manejo del equipo caliente y para la remoción de las muestras del horno.
- (15) Crayolas para identificar las muestras de ensayo.
- (16) Cacerolas de metal de aproximadamente 8x14x2 Pg. (200x355x50 mm) para las cochadas de agregado.
- (17) Horno capaz de mantener una temperatura de  $200 \pm 5^{\circ} \text{ F}$  ( $93.3 \pm 2.8^{\circ} \text{ C}$ ) para las mezclas aireadas y horno capaz de mantener una temperatura de  $230 \pm 5^{\circ} \text{ F}$  ( $110 \pm 2.8^{\circ} \text{ C}$ ) para la determinación de los contenidos de humedad.

### **c) Preparación de las muestras de ensayo**

- (1) Número de muestras. Se prepararan 3 muestras por cada ensayo destructivo por ejecutar.
- (2) Preparación de los y el martillo. Se limpiaran todas las partes del molde y la cara del martillo compactación. Se coloca un disco de papel de filtro en el fondo del molde antes de colocar la mezcla dentro del molde.

- (3) Preparación del agregado. Combine cada facción por tamaño del agregado para producir un peso total de agregado de 3.6 Kg. Coloque los recipientes que contiene el agregado en un área ventilada y determine la temperatura del agregado. Antes de la mezcla la temperatura debe ser ajustada a  $72 \pm 3^{\circ}\text{F}$  ( $22.2 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ).

FIGURA 15: EQUIPO DE ENSAYO INMERSIÓN EMULSIÓN-AGREGADO



FUENTE: DARTER, MICHEL. WILKEY, PATRICK. AHLFIELD, STEVEN. WASILL, RICHARD. (1978).  
PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO, EMULSIÓN ASFÁLTICA-AGREGADO

- (4) Cálculos. Se requieren 4 cálculos para cada combinación de agregado y asfalto: peso del agregado, peso de la emulsión, peso del agua añadida en la premezcla, peso del agua perdida en la compactación, las siguientes formulas son utilizadas para estos cálculos:

(a) Peso del agregado seco al aire =  $\frac{a}{100-b} \times 100$

(b) Peso de la emulsión =  $\frac{a \times c}{d}$

(c) Peso del agua añadida en la premezcla =  $a(f-b \frac{e \times c}{d}) 100$

(d) Peso del agua perdida en la compactación =  $a(\frac{f-g}{100})$

Donde:

a= peso del agregado seco

b= contenido de agua en porcentaje de agregado seco al aire  
c= contenido de asfalto residual deseado como porcentaje de agregado seco  
d= porcentaje de asfalto residual en la emulsión  
e= porcentaje de agua en la emulsión = 100 – d.  
f= contenido de agua de premezcla en porcentaje al mezclar (peso de agregado seco)  
g= contenido de agua en la compactación en porcentaje de peso de agregado seco.

- (5) Adición del agua de premezcla. Coloque el agregado seco al aire en el mezclador mecánico. Calcule la cantidad total de agua libre que se requiere añadir para alcanzar el contenido de agua óptimo de premezcla como se determinó en el ensayo de recubrimiento, b) ensayo de recubrimiento.

Mida el volumen de agua añadida en una probeta. La temperatura del agua debe ser  $72^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{ F}$  ( $22.2 \pm 1.7^{\circ} \text{ C}$ ). Añada el agua en una corriente delgada y por  $2 \pm 0.5$  minutos o hasta que el agua se encuentre totalmente dispersa en el agregado. Para agregados que contienen arcilla, el material debe colocarse en un recipiente sellado por un mínimo de 15 horas (ver nota abajo). Pese el recipiente que contiene emulsión asfáltica y registre este dato. Reste el peso requerido de emulsión para determinar el peso final que produzca el contenido de asfalto residual deseado. Añada la emulsión al agregado húmedo en una corriente delgada y mezcla el material. Pese periódicamente el recipiente que contiene la emulsión para asegurarse de que el peso requerido de emulsión no sea excedido. El proceso de mezcla requiere aproximadamente 5 minutos. Un mezclado excesivo tiende a quitar el asfalto del agregado y por lo tanto debe evitarse.

- (6) Aireación para reducir el contenido de agua en las mezclas. Si el contenido de agua deseado en la compactación difiere del contenido de agua óptimo en la mezcla, se requiere aireación. Remueva todo el material del recipiente de mezcla y colóquelo en un recipiente para la aireación. Distribuya la mezcla en el recipiente de tal forma que profundidad no exceda 1 pg, anote el peso de la mezcla y el recipiente.

La pérdida de peso requerida para alcanzar el contenido de agua de compactación deseada se calcula mediante la ecuación (4) (d). La pérdida de peso requerida se sustrae del peso anotado de la mezcla y del recipiente y este peso es anotado. Coloque el recipiente en el horno de curado  $200^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{F}$  ( $93.3 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ ). resuelva y pese la mezcla cada  $15 \pm 0.5$  minutos hasta que el peso se encuentra dentro de los 20 g de la pérdida de peso requerida. Remueva la mezcla del horno y colóquela en una zona bien ventilada. Enfríe la mezcla a  $72^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{F}$  ( $22.2 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ) y pésela. Puede unirse un ventilador para acelerar el proceso de enfriamiento. Revuelva y pese la mezcla cada  $10 \pm 0.5$  minutos hasta que la pérdida de agua requerida calculada se complete. La mezcla esta ahora lista para la compactación.

NOTA: si el recubrimiento del agregado no es sensible al contenido de agua en la mezcla como se determinó en el ensayo de recubrimiento 5.02, el agregado puede ser mezclado con el contenido de agua deseado en la comparación. Se añade la emulsión y la mezcla se compacta inmediatamente.

(7) Compactación de muestras. Se usaran moldes Marshall estándar para las muestras que se ensayan a estabilidad Marshall modificado. Para las muestras que serán sometidas a inmersión use moldes Marshall especialmente tratados. Acople la base, el molde Marshall y el collar de extensión cubra la base con un disco de papel de filtro y coloque  $1200 \pm 5$  g de mezcla en el molde de la nota). Punze la mezcla con una pequeña espátula 15 veces alrededor del perímetro 5 veces sobre su interior. Coloque un segundo disco de papel de filtro sobre la superficie de la mezcla. Repita este proceso para las otras series de moldes. Coloque el primer molde acoplado sobre el pedestal de compactación ajuste el sostenedor y aplique 75 golpes con el martillo de compactación. Retire el collar y la base, invierta el molde y aplique el mismo número de golpes de compactación sobre la cara opuesta de la muestra. Repita el proceso para los demás moldes. Remueva el collar, la base, el papel de filtro de todas las muestras y las muestras se encuentran ahora listas para el curado.



Curado de muestras. Las muestras son curadas a  $72 \pm 3^{\circ}\text{F}$  ( $22.2 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ) en el molde por un periodo de curado de 24 a 72 h. las muestras deben ser colocadas de lado para tener igual ventilación en ambas caras. Retire las muestras del molde aproximadamente.

## **Contenido óptimo de agua en la compactación**

### **a) General**

Las propiedades de la mezcla están íntimamente relacionadas con la densidad de las muestras compactadas. Por tal motivo es necesidad optimizar el contenido de agua en la compactación para maximizar las propiedades de la mezcla deseada. Esto debe realizarse para cada combinación de tipo de emulsión, grado de emulsión y tipo de agregado considerado en cada proyecto.

### **b) Equipo**

El equipo requerido para optimizar el contenido de agua en la compactación se encuentra descrito bajo el título, equipo, en el inciso preparación de muestras-b)

### **c) Preparación de muestras**

Use el procedimiento de preparación de muestras indicado en el inciso preparación de muestras-c), instrucciones adicionales y aclaraciones aquí indicadas corresponden a las respectivas secciones del inciso preparación de muestras-c)

- 1) Numero de muestras. Prepare tres muestras para cada contenido de agua en la compactación para ser evaluada. Generalmente son suficientes cuatro incrementos del contenido de agua del 1% para definir la curva de estabilidad contenido de agua en la compactación.
- 2) La preparación de los moldes y el martillo es igual al indicado en preparación de muestras-c)
- 3) Preparación del agregado. Use un peso total de agregado de 3.6 kg para las tres muestras.
- 4) Calculo. Los cálculos no cambian.

- 5) Adición de agua de mezcla. El contenido de asfalto residual deseado debe ser el contenido de asfalto residual tentativo tal como el determinado en contenido asfalto residual tentativo-a).
- 6) Aireación para reducir el contenido de agua de la mezcla. Airee las sucesivas cochadas con un 1% de incremento para contenidos de agua generalmente entre 2 y 7% en peso de agregado seco. Si el contenido de agua de la mezcla total no es mayor que el deseado en la compactación el contenido de agua en la mezcla puede incrementarse teniendo en cuenta que se debe cumplir con los requisitos del ensayo de recubrimiento.
- 7) Compactación de muestras. Use los moldes Marshall estándar en la compactación de las muestras.
- 8) Curado de muestras. Cure por 24 h en el molde de compactación a  $27^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{F}$  ( $22.2 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ) al aire como se indicó en el inciso preparación de muestras-c).

#### **d) Procedimiento de ensayo**

Ensaye las muestras para estabilidad Marshall tal como se describe en la sección procedimiento de ensayo-d). Prepare un gráfico de estabilidad Marshall modificado vs contenido de agua en la compactación. Seleccione el pico de la curva como el contenido de agua óptimo en la compactación. Si posteriormente se requiere un contenido de agua adicional en la compactación se puede preparar una nueva cochada. El contenido de agua óptimo en la compactación debe ser usado en todas las siguientes compactaciones independientemente del contenido de asfalto residual.

### **Variación del contenido del asfalto residual**

#### **a) General**

En la determinación del contenido óptimo residual para la combinación de un agregado particular y asfalto, debe realizarse una serie de ensayos sobre las muestras en una gama de contenidos de asfalto residual. Las muestras de ensayo se preparan con incrementos del 1 % en asfalto residual teniendo dos incrementos a ambos lados del contenido de asfalto residual tentativo determinado en, contenido asfalto residual tentativo-a). si posteriormente se

requieren incrementos mayores del contenido de asfalto residual, pueden ser preparados.

### **b) Equipo**

El equipo requerido para la preparación de las muestras se detalla bajo en nombre equipo en el inciso preparación de muestras-b).

### **c) Preparación de muestras**

Use el procedimiento de preparación de muestras descrito en el inciso preparación de muestras-c). Las instrucciones adicionales y las aclaraciones presentadas aquí corresponden a los respectivos incisos de preparación de muestras-c).

- 1) Numero de muestras. Prepare seis muestras para cada contenido de asfalto residual.
- 2) La preparación del molde y el martillo no cambia.
- 3) Preparación de los agregados. Use un peso total de agregado de 7.2 kg.
- 4) Los cálculos no cambian.
- 5) Adición del agua de mezcla. Tenga en cuenta que el contenido de agua óptimo en la compactación se usa para todos los contenidos de asfalto. A medida que el contenido de asfalto residual se incrementa, la cantidad de agua que contribuye la emulsión también se incrementa. Por lo tanto la cantidad de agua de premezcla añadida debe reducirse a medida que el contenido de asfalto se incrementa. Varié los contenidos de asfalto residual en las sucesivas muestras para obtener 5 incrementos de 1% (el contenido de asfalto residual tentativo y 1 y 2% de incremento a ambos lados del asfalto residual tentativo.
- 6) Cambie la aireación para reducir el contenido de agua en las mezclas.
- 7) Compactación de muestras. Use tres moldes Marshall estándar y tres moldes Marshall especialmente tratados.
- 8) Curado de muestras. El curado tendrá un tiempo de 72 h.

## **Procedimiento de ensayo**

### **a) General**

Para completar el diseño de la mezcla se realizan los siguientes ensayos y análisis con los datos obtenidos de la muestra compactada:

- Gravedad específica bulk.
- Estabilidad y flujo Marshall modificado de las muestras secas a  $72^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $22.2 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ).
- Estabilidad y flujo a  $72^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $22.2 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ) de las muestras después de 4 días de inmersión.
- Análisis de densidad y vacíos.
- Humedad de absorción durante el ensayo de inmersión.
- La tabla 2 es un formato que puede usarse para anotar los datos y ejecutar los cálculos pertinentes.

### **b) Equipo**

El equipo requerido para el ensayo de las muestras de 4 pg. (102 mm) de diámetro por 2 y 1/2 pg (64 mm) de altura es como sigue:

- 1) Máquina de ensayo Marshall. Es un aparato de ensayo movido eléctricamente (110 v). se ha diseñado para aplicar cargas sobre la muestra de ensayo mediante cabezas semicirculares a una velocidad constante de deformación de 2 pg (50.8 mm) por minuto. Está equipada con un anillo de prueba calibrado para determinar la carga de ensayo aplicada, una mordaza para estabilidad Marshall que se usara en el ensayo de la muestra, y un medidor de flujo para determinar la cantidad de deformación en la máxima carga de ensayo. Puede usarse en lugar de la maquina Marshall, una maquina universal equipada con indicadores adecuados de carga y deformación.
- 2) Baño de agua. De dimensiones minimas 24 pg x 36 pg x 6 pg (610x915x155mm) termostáticamente controlado a  $72^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $22.2^{\circ} \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ).
- 3) Recipientes. De 9 x 9 pg (229x229 mm) o 10 pg (254 mm) en diámetro y 1 pg (25.4 mm) de profundidad con capacidad de contener las muestras falladas para la determinación del contenido de humedad.
- 4) Balanzas de capacidad 1500 gramos, equipadas para la determinación de la densidad bulk.

- 5) Toallas de tela para secar las muestras durante la determinación de la densidad bulk.
- 6) Regla de 6 pg (150 mm) calibrada en 1/16 pg (1 mm)
- 7) Etiquetas para marcar los recipientes

**c) Determinación de la densidad bulk**

El método usado para determinación es la norma ASTM D2726, "ensayo para determinar la densidad bulk de mezclas bituminosas compactadas usando muestras saturadas y secas superficialmente"

TABLA 16: HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

ASFALTO		AGREGADO	
Tipo y grado		Identif. fuente	
Asfalto en emulsión	%	Tipo	
Grav. esp. asfalto (B)		Grav. esp. Bulk (C)	
Asfalto residual en mezcla (A)	%		
MEZCLA Y COMPACTACION		PRUEBA	
Agua total mezcla	%	Fecha ensayo muestra seca	
Agua agregada	g	Fecha rotación muestra inmersa	
Agua al compactar	%	Fecha ensayo muestra húmeda	
Fecha compactación			

DATOS MUESTRA COMPACTADA	Seca			Humedecida		
	1	2	3	4	5	6
Densidad Bulk						
Peso en el aire (D)						
Peso en el agua (E)						
Peso SSD (F)						
BSG - muestra compacta (G)						
BSG seco - muestra compacta						
Espesor						
Estabilidad						
Cuadrante						
Carga						
Estabilidad ajustada						
Flujo						
Contenido humedad						
Peso muestra fallada (H)						
Peso muestra seca estufa (I)						
Tara (J)						
Contenido humedad (K)						
Humedad absorbida						
Vacios totales máximos - %						

FUENTE: DARTER, MICHEL. WILKEY, PATRICK. AHLFIELD, STEVEN. WASILL, RICHARD. (1978).  
 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO, EMULSIÓN ASFÁLTICA-AGREGADO

## CACULOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

$$G = \frac{D}{F-E}$$

$$\text{BSG seco} = \frac{G}{1+K/100}$$

$$\text{Contenido humedad (K)} = \left( \frac{(H-I)-(F-D)}{I-J} \times \frac{1}{1+\frac{A}{100}} \right) \times 100$$

$$\text{Humedad absorbida} = \frac{K1+K2+K3}{3} - \frac{K4+K5+K6}{3}$$

$$\text{Vacíos totales máximos} = \frac{\frac{A/100+1+K/100}{G} - \frac{1}{C} - \frac{A/100}{B}}{\frac{A/100+1+K/100}{G}} \times 100$$

$$\text{Por ciento perdida estabilidad} = \frac{\frac{L1+L2+L3}{3} - \frac{L4+L5+L6}{3}}{\frac{L1+L2+L3}{3}}$$

Nota: letras A a L se refieren a letras idénticas en paréntesis en la tabla 2

### d) Ensayos de estabilidad y flujo modificados

Después de la determinación de la densidad bulk sobre las muestras extraídas del molde se ejecutan ensayos de estabilidad y flujo, como sigue:

- 1) Limpiar bien las guías y la superficie interna de las mordazas antes de realizar el ensayo y lubricar las guías para que la mordaza superior deslice libremente sobre ellas. La temperatura de ensayo es mantenida entre 70 y 74°F (21.1 Y 23.3°C) usando un baño de agua cuando se requiera. Verifique que el dispositivo de carga para el “ajuste” este cero.
- 2) Coloque una de las tres muestras sobre la parte inferior de la mordaza en una posición completamente centrada y ensamble el equipo de carga. Coloque el medidor de flujo sobre la guía marcada.
- 3) Aplique la carga de ensayo a la muestra a una velocidad constante de deformación de 2 pg. (50.8 mm) por minuto hasta que se obtenga la falla. El número total de libras (Newtons) requeridos para producir la

falla de la muestra a  $72^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $22.2^{\circ} \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ) debe ser anotado como el valor de estabilidad Marshall modificado.

- 4) Mientras que el ensayo de estabilidad se encuentre en marcha mantenga el medidor de flujo en posición firme sobre la guía y quítelo en el instante en que se alcance la máxima carga y comience a decrecer. Anote el valor del flujo indicado en unidades de .01 pg. (.25mm).
- 5) Coloque la muestra fallada en un recipiente previamente pesado teniendo cuidado de tomar toda la muestra y colocarla dentro del recipiente. Dentro del recipiente la muestra se rompe y se pesa anotando este peso en la columna encabezada con "peso de la muestra fallada" y se coloca en el horno a  $200^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}$  ( $93^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}$ ). Las muestras se retiran después de 24 horas, se pesan de nuevo y el peso se anota bajo el encabezamiento "peso muestra seca en el horno". El peso del agua se corrige restando el peso de agua absorbida durante la determinación de la densidad bulk. El peso del agua absorbida puede ser determinado restando el peso de la muestra seca del peso de la muestra saturada y seca superficialmente, de los datos obtenidos anteriormente se determina el contenido de agua.

#### **e) Ensayo de estabilidad y flujo de las muestras sometidas a inmersión**

Las tres muestras restantes se colocan en inmersión para ser sometidas posteriormente a estabilidad y flujo.

- 1) Inmediatamente después de ensayar las muestras extraídas del molde, las muestras de los moldes especialmente roscados son empujadas hasta quedar a ras con uno de los extremos del molde por medio del tornillo de extracción.
- 2) Las placas base de latón o aluminio, especialmente roscadas, son entonces atornilladas en cualquiera de los extremos del molde. El conjunto es luego colocado con los extremos a ras en un baño de agua con una profundidad de 1 pg. (25.4 mm). La profundidad de agua es mantenida en 1 pg. Y la temperatura en  $72^{\circ}\text{F} \pm 3^{\circ}$  ( $22.2^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}$ ). se

cubre la superficie del molde para evitar pérdidas de humedad por evaporación.

- 3) Después de 48 horas el conjunto se retira del baño de agua, las placas base son retiradas y la muestra empujada hasta que quede a ras con el extremo opuesto del molde. Las placa base son de nuevo colocadas en cualquiera de los extremos y el conjunto se coloca con la base en el baño de agua. La superficie de la muestra es también cubierta de nuevo.
- 4) Después de 48 horas se retiran las muestras y se extraen de los moldes especialmente roscados.
- 5) Se ensayan entonces las muestras a estabilidad Marshall modificado y se determina el contenido de humedad, como se describió en el inciso procedimiento de ensayo-c) y procedimiento de ensayo-d).

#### **f) Análisis de densidad y vacíos**

El análisis de densidad y vacíos se realiza como sigue:

- 1) Determine el peso unitario multiplicando la densidad bulk por 62.4 (unidad de peso en kg/m<sup>3</sup> multiplicada por 1000)
- 2) Después de determinar el contenido de agua en el ensayo, así como la densidad bulk del agregado, la densidad del asfalto, y la densidad bulk de la muestra, pueden ser calculados los vacíos mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\frac{1+Pb+Wt}{Gmbw} - \frac{1}{Gsb} - \frac{Pb}{Gb}}{\frac{1+Pb+Wt}{Gmbw}} \times 100$$

Donde:

V = porcentaje total de vacíos (aire más humedad del bulk total de la muestra).

Pb = Contenido de asfalto residual (expresada como una fracción) por peso de agregado seco.

Gmbw = Densidad bulk de la muestra medida en el ensayo (contiene alguna humedad).



Wt = Contenido de humedad de la muestra (expresada como una fracción) por peso de agregado seco (determinada de las fracciones de la muestra fallada).

Gsb = Densidad bulk del agregado.

Gb = Densidad del residuo asfáltico.

Los vacíos son calculados para cada muestra. Cualquier valor que sea mayor del 50% del promedio de las tres muestras no debe ser tenido en cuenta.

## **Interpretación de los datos de ensayo**

### **a) preparación de los datos**

Los datos de estabilidad, flujo, vacíos, densidad bulk y contenido de humedad son presentados como sigue:

- 1) Valores medidos de estabilidad para muestras que difieren del espesor estándar de 2.5 pg. (63.5 mm) deben ser convertidos a valores equivalentes de 2.5 pg. (63.5 mm) por medio de un factor de conversión. En la tabla 3 se indican los factores de conversión para corregir los valores de estabilidad medidos. Se puede observar que los factores de conversión pueden utilizarse con base en medidas de espesor o medidas de volumen.
- 2) Se promedian los valores de flujo y de estabilidad corregida para todas las muestras de un contenido de asfalto dado. Los valores que claramente tengan un error alto no deben ser incluidos en el promedio.
- 3) Prepare graficas separadas para los siguientes factores como se ilustra en la figura 2:
  - a) Estabilidad seca a un día vs. Humedad de compactación.
  - b) Estabilidad seca y humedad vs. Contenido de asfalto residual.
  - c) Densidad seca bulk corregida por humedad vs. Contenido de asfalto residual.
  - d) Porcentaje total de vacíos vs. Contenido de asfalto residual.
  - e) Porcentaje de humedad absorbida vs. Contenido de asfalto residual.
  - f) Perdida de estabilidad en porcentaje vs. Contenido de asfalto residual. (calculada mediante  $(\text{estabilidad seca} - \text{estabilidad húmeda}) / 100 \times \text{estabilidad seca}$ ).

En cada gráfica. Una los puntos mediante una curva suave que ajuste de la mejor manera a todos los valores.

### **b) Tendencia y relaciones de los datos de ensayo**

Se ha encontrado que las curvas de ensayo previamente graficadas varían considerablemente entre diferentes tipos de agregados y gradaciones, pero se muestran en la figura 2 curvas típicas, se describen en seguida las tendencias generales:

- 1) La estabilidad seca a un día generalmente muestra pico en un contenido particular de humedad de compactación. Algunas veces esta curva es muy plana y no se puede apreciar un pico, indicando de esta manera un rango de posibles contenidos de humedad de compactación. Si lo anterior ocurre, el contenido de humedad con el cual resulte la máxima densidad bulk puede ser usado siempre y cuando la estabilidad no disminuya significativamente.
- 2) La estabilidad de las muestras sometidas a inmersión, generalmente muestra un pico en un valor particular de contenido de asfalto residual, en tanto que la estabilidad seca generalmente mostrara una continua disminución con el incremento del contenido de asfalto residual. Algunas mezclas pueden mostrar un continuo incremento en estabilidad húmeda en el intervalo del contenido de asfalto evaluado, lo cual indica un efecto benéfico incremental del contenido de asfalto adicional sobre la estabilidad en inmersión.
- 3) Las pérdidas de estabilidad en porcentaje (calculadas mediante  $(\text{estabilidad seca} - \text{estabilidad húmeda}) \cdot 100 / \text{estabilidad seca}$ ) generalmente disminuye a medida que el contenido de asfalto residual aumenta.
- 4) La densidad bulk seca usualmente alcanza un pico a un contenido particular de asfalto residual.
- 5) La humedad absorbida en porcentaje durante el ensayo de inmersión disminuye con el incremento en el contenido de asfalto residual.
- 6) El porcentaje de vacíos totales (aire más humedad) disminuye en tanto que aumenta el contenido de asfalto residual.

TABLA 17: FACTORES DE CONVERSIÓN DE ESTABILIDAD

VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	ESPESOR APROXIMADO DE LA MUESTRA		FACTORES DE CORECCION
	pg.	mm	
200 a 213	1	25.40	5.56
214 a 225	1 - 1/16	27.00	5.00
226 a 237	1 - 1/8	28.60	4.55
238 a 250	1 - 3/16	30.20	4.17
251 a 264	1 - 1/4	31.80	3.85
265 a 276	1 - 5/16	33.30	3.57
277 a 289	1 - 3/8	34.90	3.33
290 a 301	1 - 7/16	36.50	3.03
302 a 316	1 - 1/2	38.10	2.78
317 a 328	1 - 9/16	39.70	2.50
329 a 340	1 - 5/8	41.30	2.27
341 a 353	1 - 11/16	42.90	2.08
354 a 367	1 - 3/4	44.40	1.92
368 a 379	1 - 13/16	46.00	1.79
380 a 392	1 - 7/8	47.60	1.67
393 a 405	1 - 15/16	49.20	1.56
406 a 420	2	50.80	1.47
421 a 431	2 - 1/16	52.40	1.39
432 a 443	2 - 1/8	54.00	1.32
444 a 456	2 - 3/16	55.60	1.25
457 a 470	2 - 1/4	57.20	1.19
471 a 482	2 - 5/16	58.70	1.14
483 a 495	2 - 3/8	60.30	1.09
496 a 508	2 - 7/16	61.90	1.04
509 a 522	2 - 1/2	63.50	1.00
523 a 535	2 - 9/16	64.00	0.96
536 a 546	2 - 5/8	65.10	0.93
547 a 559	2 - 11/16	66.70	0.89
560 a 573	2 - 3/4	68.30	0.86
574 a 585	2 - 13/16	71.40	0.83
586 a 598	2 - 7/8	73.00	0.81
599 a 610	2 - 15/16	74.60	0.78
611 a 625	3	76.20	0.76
NOTAS:			
1. la estabilidad medida de una muestra multiplicada por el factor para espesor de la muestra es igual a la estabilidad corregida para una muestra de 2 - 1/2 pg.(63.5 mm)			
2. la relacion volumen-espesor se basa en una muestra de diam. 4 pg.(101.6 mm)			

FUENTE: DARTER, MICHEL. WILKEY, PATRICK. AHLFIELD, STEVEN. WASILL, RICHARD. (1978).  
 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO, EMULSIÓN ASFÁLTICA-AGREGADO

### **c) Determinación del contenido de asfalto óptimo**

- 1) Para suministrar una adecuada resistencia a las cargas de tráfico durante las estaciones húmedas, las mezclas deben tener una estabilidad adecuada cuando son ensayadas en la condición húmeda.
- 2) El porcentaje de pérdida de estabilidad de la muestra cuando se ensaya en “inmersión” respecto a la prueba “en seco” no debe ser excesivo. Una alta pérdida es indicativa de que la mezcla tiene una alta susceptibilidad a la humedad y puede producir desintegración durante las estaciones húmedas.
- 3) Los vacíos totales dentro de la mezcla deben estar dentro de límites especificados para evitar deformaciones excesivas permanentes y absorción de humedad (contenido de vacíos demasiado alto) o exudación del asfalto residual de la mezcla (para contenido de vacíos bajo).
- 4) La humedad de absorción dentro de la mezcla no debe ser excesiva para minimizar el potencial de desprendimiento (stripping) o debilitamiento de los enlaces entre el contenido de asfalto residual y el agregado.
- 5) El asfalto residual debe suministrar un adecuado recubrimiento del agregado y debe ser resistente al desprendimiento (stripping) o a la abrasión.

El contenido óptimo de asfalto residual para la mezcla de pavimentación, se determina de los datos obtenidos, tal como se indica. Se escoge el contenido de asfalto residual óptimo como aquel que suministre la estabilidad húmeda máxima, el cual puede ser ajustado por encima o por debajo dependiendo de la humedad de absorción, el porcentaje de pérdida de estabilidad, los vacíos totales y el recubrimiento del agregado. El criterio de diseño para cada uno de estos valores se da en la tabla 4. Si el contenido de asfalto residual en el pico de la curva estabilidad húmeda suministra valores adecuados de la humedad de absorción, porcentaje de pérdida de estabilidad, vacíos totales y recubrimiento del agregado. Se selecciona como el contenido de asfalto óptimo. Este valor, sin embargo debe cumplir con los requisitos de estabilidad mínimos como los dados en la tabla 4, o la mezcla será rechazada.

si uno o más de los criterios no pueden ser satisfechos la mezcla debe considerarse inadecuada.

El contenido de humedad del agregado para mezclado y compactación, pueden tener un efecto significativo sobre los anteriores criterios en las mezclas de agregado con emulsión, puesto que el contenido de humedad aceptable se encuentra dentro de amplios límites, es generalmente aconsejable, el uso de un mínimo contenido de agua. El mínimo contenido de humedad es determinado en el ensayo de recubrimiento del agregado con el asfalto residual por consiguiente el contenido óptimo de humedad para la mezcla y compactación debe ser determinado y controlado para alcanzar los criterios deseados, previamente listados.

### **3.2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

1.- Adhesión: Es la propiedad de la materia por la cual se unen dos superficies desustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.

2.- Abrasión: Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

3.- Absorción: Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.).

4.- Agente rejuvenecedor: Material orgánico cuyas características químicas y físicas permitan devolverle al asfalto envejecido las condiciones necesarias para el buen comportamiento de la nueva mezcla.

5.- Aglomerante: Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos otras formaciones químicas o ambas.

6.- Aglutinante: Sustancia usualmente líquida, que se usa para disolver las sustancias que componen el pigmento.

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

8.- Agregado Angular: Agregados que poseen bordes bien definidos formados por la intersección de caras planas rugosas.

9.- 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.

10.- 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 (4,75 mm).

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

12.- Asfalto De Imprimación: Asfalto fluido de baja viscosidad (muy líquido) que por aplicación penetra en una superficie no bituminosa.

13.- 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 asfaltitas

14.- 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.

15.- Concreto Asfáltico: Mezcla procesada, 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 base o de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

16.- Exudación Del Asfalto: Flujo de asfalto hacia arriba en un pavimento asfáltico, resultando en una película de asfalto sobre la superficie.

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

18.- Fisura: Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

- 19.- Flexibilidad: Propiedad de un pavimento asfáltico para ajustarse a asentamientos en la fundación. Generalmente, un alto contenido de asfalto mejora la flexibilidad de una mezcla.
- 20.- Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.
- 21.- Grieta: Fractura, de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía.
- 22.- Impermeabilidad: Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.
- 23.- 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.
- 24.- Mezcla bituminosa a Reciclar (MBR/RAP): Es el material recuperado de pavimentos asfálticos envejecidos.
- 25.- Muestreo: Investigación de suelos, materiales, asfalto, agua etc., con la finalidad de definir sus características y/o establecer su mejor empleo y utilización.
- 26.- Pavimento Flexible: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.
- 27.- Testigo: Una muestra cilíndrica de concreto endurecido, de mezcla bituminosa compactada y endurecido usualmente obtenida por medio de una broca diamantina de una máquina extractora.
- 28.- Vida Útil: Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.
- 29.- Viscosidad: Medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto.
- 30.- Volumen de Vacíos: Cantidad total de espacios vacíos en una mezcla compactada

### **3.2.4. HIPÓTESIS**

#### **3.2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- El reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica nos garantiza la obtención de la estabilización (Lb) a nivel de base en la nueva capa.

#### **3.2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

- H1: El reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica garantiza los parámetros de comportamiento deseados para el flujo (0.01 pulg.) en la capa conformante.

### **3.2.5. VARIABLES**

#### **3.2.5.1. Variable dependiente**

Estabilización a nivel de base en la nueva capa.

#### **3.2.5.2. Variable independiente**

Reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica.



### 3.2.6. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
VD.: Estabilización a nivel de base en la nueva capa.	Lb	Garantiza la recuperación de las propiedades del material.
	0.01 pulg.	Garantiza los parámetros deseados para el flujo en la capa conformante.
	%	Garantiza los parámetros deseados para el porcentaje de vacíos en la capa conformante.
VI: Reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica.	% - Lt/m <sup>2</sup>	Obtención del porcentaje de residuo asfáltico para el cálculo de la tasa de inyección en el equipo de reciclado.

### **3.3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según el objetivo la investigación es aplicada, debido a que se realizó mecanismos o estrategias que permitió encontrar un objetivo concreto, ya que se analizó diversas teorías científicas existentes en un tiempo único para dar respuestas a situaciones problemáticas.

Según el periodo temporal que se realizó, el tipo de estudio se plasma en el tipo longitudinal, porque se evaluó la evolución de las características, así como también las variables se estudiaron en un solo momento.

Según el grado de manipulación de las variables la presente investigación es experimental, debido a que las variables implicadas y manipuladas produjeron un efecto determinado, la cual se determinaron hipótesis y se contrastaron mediante un método científico.

##### **3.3.1.1. ENFOQUE**

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativa, porque para determinar las características físicas y mecánicas del pavimento flexible mejorado por el método del reciclado con dosificación de emulsión asfáltica, se obtuvo como consecuencia de los ensayos realizados.

De modo que con la investigación cuantitativa se busca explicar con exactitud la realidad del problema con el fin de generar resultados.

##### **3.3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

El nivel de la investigación es descriptivo, debido a que tuvo como propósito describir el método aplicado de reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica, como también correlacional debido al dominio que tuvo la variable independiente sobre la variable dependiente en el desarrollo de la investigación.

### **3.3.1.3. DISEÑO**

El diseño de investigación es experimental, la cual se ejecutó en su máxima expresión con experimentos puros, diseño con pos prueba y el control parametrizado en las normas de calidad, con una serie de diseños de la muestra reciclada con la dosificación de la emulsión asfáltica para la obtención experimentalmente de un óptimo en diseño.

### **3.3.1.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación, se aplicó el método experimental, el mismo que parte de la observación del fenómeno estudiado y los problemas existentes, ante el cual se realizó la investigación con el fin de evaluar, estudiar y experimentar la determinación de características y valores para lograr la obtención de la estabilización, parámetros de flujo, porcentaje de vacíos, porcentaje de residuo asfáltico entre otros, para la nueva capa conformante.

Se formuló una hipótesis, para luego comprobarla mediante los estudios de investigación para lo cual se contó con la recopilación de muestras para los estudios a través de instrumentos, que fueron analizados mediante argumentos estadísticos, el marco teórico y experiencia

## **3.3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.2.1. Población**

Está constituida por el pavimento flexible existente en la carretera central Huánuco – Tingo María en el km 13+800 al 16+300 Santa María del Valle con una distancia de 2.5 km.

### **3.3.2.2. Muestra**

Según los términos de referencia están constituidas por las muestras de material reciclado del pavimento flexible, para lo cual se realizaron prospecciones de campo (calicatas), una por kilómetro aproximadamente, a una profundidad de 0.15 m. por debajo de la carpeta asfáltica. Estas muestras se utilizaron en los respectivos ensayos de laboratorio.

**TABLA 18: UBICACIÓN DE LAS CALICATAS DE DONDE SE SACARON LAS MUESTRAS**

<b>Calicata</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>Profundidad de Reciclado (m)</b>
C – 01	14+000	Izquierda	0.15
C – 02	15+000	Derecho	0.15
C – 03	16+000	Izquierdo	0.15

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Teniendo como referencia la clasificación de los tipos de muestreo, el tipo de muestreo es no probabilístico, porque está constituido por las muestras de material reciclado obtenidas de las calicatas realizadas una por kilómetro aproximadamente, a una profundidad de 0.15 m. por debajo de la carpeta asfáltica.

Como muestra se tomara las zonas más afectadas en el tramo, en tramos se ve como la calzada ha cumplido su vida útil presentando desgaste, desniveles, fisuras, grietas, etc.

### **3.3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.3.3.1. Para la recolección de datos**

##### **3.3.3.1.1. Técnicas para la recolección de datos**

###### **a) Técnicas de investigación documental y bibliográfica**

- Análisis de contenido

Para estudiar y analizar de manera objetiva, sistemática y cuantitativa acerca del uso del reciclado de pavimentos flexibles y dosificación de emulsión asfáltica, en la estabilización a nivel de base, se obtuvieron de libros, artículos, reglamentos, etc.

- Fichaje

Se utilizó para registrar aspectos esenciales del reciclaje de pavimentos flexibles y dosificación de emulsión asfáltica, del comportamiento de los materiales y características, con respecto a la estabilización de la nueva capa.

- Fichas de documentación (textuales, resumen, comentario)
- Fichas de registro o localización (Bibliográficas, Hemerográficas e internet).

## **b) Técnicas de campo**

- Observación

Se recabó la información de la obtención de las muestras de suelo de las calicatas y se llevó al laboratorio para su análisis respectivo. Los cuales fueron anotados en la libreta de campo.

- Protocolo de recolección, reducción, conservación y transporte de muestras de suelo.

La recolección de las muestras de suelo de las calicatas se realizó de acuerdo a la guía para muestreo de suelos y rocas.

La reducción de muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo, se realizó de acuerdo al protocolo.

La conservación y transporte de muestras de suelos, se realizó de acuerdo al protocolo.

## **c) Técnicas de laboratorio**

- Observación

Se recabó la información de los ensayos realizados a las muestras de suelo en el laboratorio. Los cuales fueron anotados en las guías de laboratorio.

- Protocolo de ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se realizaron siguiendo los siguientes protocolos:

- Extracción cuantitativa de asfalto                      ASTM D 2172

Em mesclas para pavimentos

- Análisis Granulométrico                                      NTP 400-012
- Clasificación de suelos    NTP 339-134
- Peso Específico y absorción de                                      NTP 400-021

Agregados gruesos.

- Peso Específico y absorción de                                      NTP 400-022

Agregados gruesos.

- Determinación del límite líquido.                                      NTP 339-129
- Determinación del límite plástico.                                      NTP 339-129
- Proctor modificado    NTP 339-141
- Peso unitario    NTP 400-017
- Equivalente de arena.    NTP 339-146
- Abrasion los angeles    NTP 400-019
- Destilación asfáltica    ASTM D 6997

- Método de Illinois para el diseño en frío ASTM D 6926

### **3.3.3.1.2. Instrumentos para la recolección de datos**

#### **a) Fichas de documentación e investigación**

Se utilizaron para registrar la información acerca del reciclado de pavimentos flexibles y dosificación de emulsión asfáltica, en la estabilización de la nueva capa conformante.

1. Fichas textuales
2. Fichas de resumen
3. Fichas de comentario

#### **b) Fichas de registro o localización**

Se localizaron los libros, revistas, páginas web la información acerca del reciclado de pavimentos flexibles y dosificación de emulsión asfáltica, en la estabilización de la nueva capa conformante.

1. Fichas bibliográficas
2. Fichas hemerográficas
3. Fichas de internet

#### **c) Libreta de campo**

Aquí se anotaron las características de la muestra como son:

1. Ubicación de la calicata
2. Peso aproximado
3. Color del suelo
4. Textura del suelo.
5. Clasificación preliminar del suelo en base a la observación.

#### **d) Instrumentos de campo**

Aquí se utilizaron los siguientes instrumentos para la obtención de la muestra de suelos.

1. Palas, picos: para realizar las calicatas
2. Bolsas y costales de polietileno para recolectar las muestras de suelo.
3. Cámara fotográfica para realizar las tomas fotográficas de las calicatas.

#### **e) Guías de laboratorio**

Aquí se anotaron los valores obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de suelo del grupo control y experimental, los formatos de las guías que se utilizaron fueron de acuerdo al manual de laboratorio de suelos; se tienen las siguientes guías:

1. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos.
2. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de análisis granulométrico.
3. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de humedad natural.
4. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de peso específico y absorción de los agregados gruesos.
5. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de peso específico y absorción de los agregados finos.
6. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de determinación del límite líquido.
7. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de determinación del límite plástico.
8. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de proctor modificado.
9. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de peso unitario
10. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de equivalente de arena.
11. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de desgaste de los ángeles.
12. Guía de laboratorio para anotar los datos del ensayo de destilación asfáltica
13. Guía de laboratorio para anotar los datos del Método de Illinois para el diseño de mezclas en frío, emulsión – agregado reciclado

**f) Instrumentos de Laboratorio**

los instrumentos utilizados para el estudio y evaluación de la investigación fueron los determinados por cada ensayo en mención anterior, que están determinados normativamente para el uso, cantidad y calibración, estos nos proporcionaron la realización de los ensayos enmarcados en los parámetros normados de calidad.

### **3.3.3.2. Para la presentación de datos**

Los datos se presentan utilizando tablas, histogramas de frecuencias en forma de barras y gráficos de líneas, interpretados estadísticamente que permiten visualizar los resultados de la investigación, así como también gráficos del diseño.

### **3.3.3.3. Para el análisis e interpretación de datos**

Se realizaron los estudios, evaluaciones, análisis e interpretaciones de datos tal como indica la EG-2013 Sección 437 pavimento con mezcla asfáltica reciclado en frío, Sección 301.E suelos estabilizados con emulsión asfáltica y el manual del Instituto del asfalto, con 15 diseños con la finalidad de obtener un óptimo en diseño, cada diseño comprendido de 6 briquetas, logrando así determinar la investigación de estos especímenes basados en las normativas en mención.



## CAPITULO IV

### APORTES PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. ESTUDIO Y EVALUACIÓN PRELIMINAR PARA EL DISEÑO

- Inicialmente se realizó la extracción cuantitativa de asfalto de la mezcla reciclada del pavimento flexible, proceso realizado con la finalidad de obtener el porcentaje residual del pavimento existente y determinar el estado y el comportamiento del mismo, se tiene como resultado lo siguiente:

TABLA 19: EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS MTC E 502 – ASTM D 2172

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL	= 2,565.1 g
LAVADO ASFÁLTICO	
PESO PARA LAVADO	= 2592.2
PESO SECO	= 2565.1
PESO ASFALTO	= 27.1
% ASFALTO	= 1.0
RESIDUO ASFÁLTICO	= 1.0

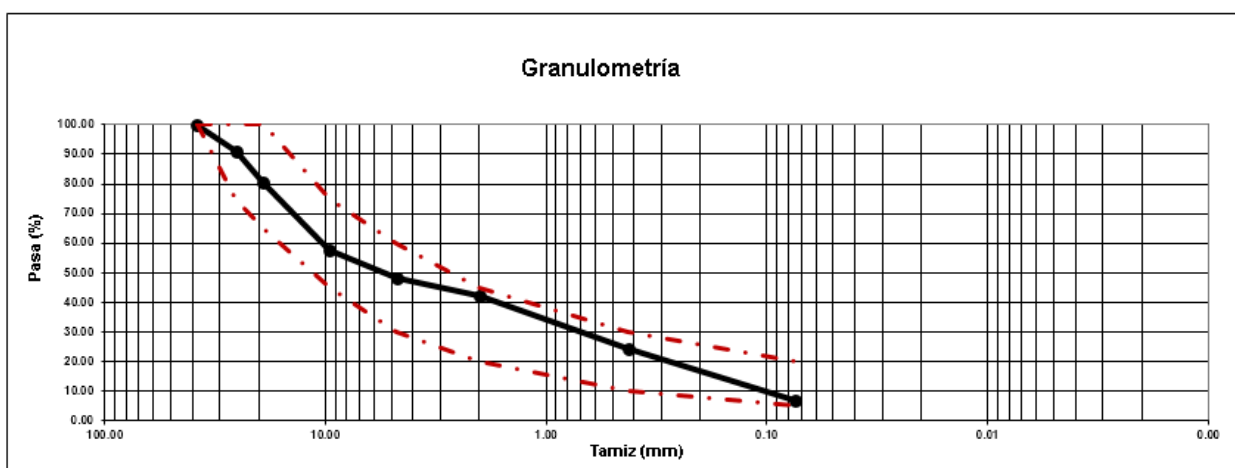
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se tiene como resultado el presente dato, donde indica que el pavimento existente se encuentra con un porcentaje residual de 1%, por ende se corrobora el estado actual de pavimento en la que presenta fisuras y grietas debido al bajo porcentaje residual en la capa la que conlleva a una estabilidad, baja y con ello la falla en la carpeta.

- Se realiza el procesamiento de los datos para la granulometría del material reciclado, nos permitirá determinar el tipo de material a trabajar, las características y el comportamiento que presenta el material en su conformación, para así poder aprobar la reutilización o aportación y así poder cumplir con los parámetros de calidad según normativa antes mencionada.

TABLA 20: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 , NTP 400-012, ASTM D 422

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION		
PESO INICIAL:		2565.10 Gr.	% DE HUMEDAD :		1.76%	MUESTRA HUMEDA INICIAL: 421.20 Gr.		
FRACCION:		2565.10 Gr.				MUESTRA SECA INICIAL: 413.90 Gr.		
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a:  <b>93.17%</b>		
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00			
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00			
1"	25.4	236.30	9.21	9.21	90.79			
3/4"	19.05	258.40	10.07	19.29	80.71			
1/2"	12.7	225.80	8.80	28.09	71.91			
3/8"	9.525	369.50	14.40	42.49	57.51			
1/4"	6.35	136.90	5.34	47.83	52.17			
No 4	4.76	104.70	4.08	51.91	48.09			
No 8	2.6	99.60	3.88	55.80	44.20	Observaciones:		
No 10	2	56.20	2.19	57.99	42.01			
No 16	1.18	95.90	3.74	61.72	38.28			
No 20	0.85	105.70	4.12	65.85	34.15			
No 30	0.6	124.70	4.86	70.71	29.29			
No 40	0.425	131.60	5.13	75.84	24.16			
No 50	0.3	115.60	4.51	80.34	19.66			
No 60	0.25	107.40	4.19	84.53	15.47			
No 80	0.18	75.20	2.93	87.46	12.54			
No 100	0.15	65.10	2.54	90.00	10.00			
No 200	0.074	81.20	3.17	93.17	6.83			
CAZOLETA	0.000	175.3	6.83	100.00	0.00	Modulo de fineza (MF): 5.54		
TOTAL						2565.1	100.00	Límite líquido LL: 15.69
								Límite plástico LP: NP
								Índice plasticidad IP: NP
								Pasa tamiz N° 4 (5mm): 48.09 %
								Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm): 6.83 %
								D60: 10.07 mm
								D30: 0.64 mm
								D10 (diámetro efectivo): 0.15 mm
								Coefficiente de uniformidad (Cu): 67.16
								Grado de curvatura (Cc): 0.27



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se tiene los presentes datos en el cual nos indica que el material reciclado en estudio comprende una gradación general de 51.91% de grava y 48.09 de finos, además presenta 6.83% de material pasante la malla N° 200, esto nos indica que el material reciclado se encuentra en buenas condiciones para realizar un buen comportamiento en su conformación con la emulsión asfáltica, debido a que presenta una buena proporción entre gruesos y finos lo que será fundamental en su conformación y a la vez la emulsión trabajara de manera ideal debido a que el material es no plástico y presenta limos en baja proporción, por otro lado se justifica el análisis observando el uso granulométrico en la que el procesamiento de datos se encuentra dentro del uso parametrizado normativamente.

- Se procedió con el procesamiento de datos respecto al peso específico absorción de agregados gruesos y finos del material reciclado, donde nos determinara la relación entre la masa del volumen del material a la masa del mismo volumen de agua a una temperatura indicada, así como también determinara el porcentaje de absorción en la que se obtendrá el grado de aumento en el peso de los agregados debido al agua en los poros del material.

TABLA 21: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 205 – MTC E 206, NTP 400 021, NTP 400 022, ASTM C 127 Y ASTM C 128

AGREGADO FINO MTC E 205					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	400	400	400	
B	Peso Frasco + agua	685	685	685	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1085.0	1085.0	1085.0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	928.4	928.1	928.5	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	156.6	156.9	156.5	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	392.2	395.1	393.6	
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	148.8	152.0	150.1	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.504	2.518	2.515	2.513
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.554	2.549	2.556	2.553
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.636	2.599	2.622	2.619
	% de absorción = $((A - F)/F) * 100$	1.989	1.240	1.626	1.618
AGREGADO GRUESO MTC E 206					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	1077	1122	1101	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	659.4	689.5	675.4	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	417.6	432.5	425.6	
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	1069.2	1111.5	1091.4	
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	409.8	422	416	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.560	2.570	2.564	2.565
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.579	2.594	2.587	2.587
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.609	2.634	2.624	2.622
	% de absorción = $((A - D) / D * 100)$	0.730	0.945	0.880	0.851

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

se tiene como resultado del procesamiento de datos el peso específico analizado y el porcentaje de absorción, en la cual nos indica cuantitativamente un material trabajable para cantidades de agua permisibles y así lograr que el material cuando trabaje con la emulsión no capture en demasía partículas de agua y se produzca la falla, estos resultados indican que el material al conformarse con la emulsión y la cantidad de agua necesaria para la conformación logrará un porcentaje de vacíos, flujo y estabilidad deseables.

- Se realizó el procesamiento de datos del análisis de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, donde nos determinara la trabajabilidad del material para con la emulsión asfáltica de acuerdo a los requerimientos normativos del caso.

TABLA 22: LÍMITES DE ATTERBERG MTC E 110 Y E 111, NTP 339-129, ASTM D 4318

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423</b>				
<b>N° DE GOLPES</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>25</b>
Suelo Húmedo + Tarro	21.77	17.54		
Suelo seco + Tarro	20.63	16.98		
Peso de Tarro	14.14	13.78		
Peso del Agua	1.14	0.56		
Peso de Suelo Seco	6.49	3.20		
<b>HUMEDAD %</b>	<b>17.57</b>	<b>17.50</b>	<b>17.53</b>	<b>15.69</b>

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>01</b>	<b>02</b>
Suelo Húmedo + Tarro		
Suelo seco + Tarro	<b>NP</b>	
Peso de Tarro		
Peso del Agua		
Peso de Suelo Seco		
<b>HUMEDAD %</b>		

<b>DETALLE</b>	<b>RESULTADOS</b>	
Límite líquido LL	15.69	%
Límite plástico LP	NP	%
Índice plasticidad IP	NP	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

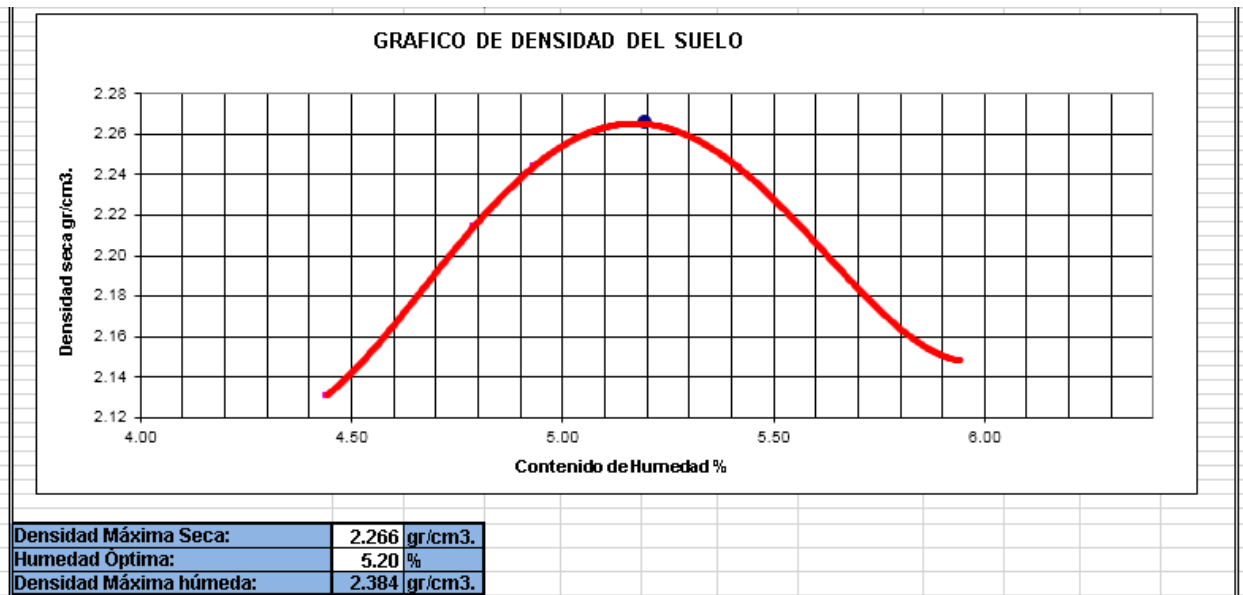
Se tiene los resultados de los límites de atterberg, los resultados del límite plástico nos indica que en el ensayo realizado el número de golpes para cerrar el surco en la cuchara casa grande se encuentra por debajo de los 25 golpes por la cual es procesado como un material no plástico, logrando cumplir los requerimientos normativos, el ensayo nos interpreta que es un material que en el porcentaje de finos existe un mayor porcentaje de arenas y que para este tipo de trabajos con emulsión asfáltica el material con estas características son de gran trabajabilidad ya que la emulsión posee un porcentaje de agua que trabajara con los finos y gravas, el residuo asfáltico y el emulsificante se encargaran de la cohesión y una conformación ideal.

Si bien es cierto que el índice plástico en un material es de buen aporte en un grado de ligero a medianamente plástico para proporcionar la cohesión en la conformación y obtener una capa ideal, sin embargo al trabajar con

emulsión asfáltica la recomendación es que el suelo sea NP para que cuando la emulsión trabaje con dicho material no llegue a la falla debido a que el material teniendo un IP elevado capture de manera desmesurada el agua que posee la emulsión y el agua agregada para la compactación.

- se procesó los datos para la compactación de suelos, donde nos indicara el punto determinado donde el material obtendrá su máxima densidad seca conjuntamente la humedad optima la que hará posible este fenómeno y así lograr un comportamiento adecuado de la capa a conformar.

TABLA 23: PROCTOR MODIFICADO MTC E 115, NTP 339-141, ASTM D 1557



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El resultado presente nos manifiesta que la máxima densidad seca es 2.266 gr/cm<sup>3</sup> en la cual el material se densifica y disminuye su relación de vacíos, el presente dato cuantitativo de la densidad indica que el material es de un gran porcentaje de grava tal efecto conlleva a un porcentaje de humedad óptimo no muy elevado la cual corrobora el ensayo y nos justifica la granulometría antes analizada, estos datos resultantes son de mucha importancia ya que dándose el cumplimiento de estos parámetros en campo se lograra el mejoramiento de las propiedades geotécnicas de la conformación y así lograr un comportamiento mecánico adecuado.

- se procesó los datos para el peso unitario del material, nos determinara la masa del material por unidad de volumen.

TABLA 24: PESO UNITARIO MTC E 203, NTP 400-017

Peso Unitario seco	1437.04	Kg/m <sup>3</sup> .
--------------------	---------	---------------------

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El presente resultado del peso unitario del material nos indica la unidad de masa por unidad de volumen que será de mucho uso para el cálculo de dosificaciones de emulsión asfáltica para la tasa de inyección en campo.

- Se procesaron los datos para el equivalente de arena del material, este nos determinara el análisis cuantitativo y cualitativo de los finos en el material, el porcentaje resultante determinara la composición entre arenas y arcillas.

TABLA 25: EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114, NTP 339-146, ASTM D 2419

REGISTRO MUESTRA PROCEDENCIA						Promedio %
		1	2	3		
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		10:40	10:42	10:44		
Hora de salida de saturación (mas 10')		10:50	10:52	10:54		
Hora de entrada a decantación		10:52	10:54	10:56		
Hora de salida de decantación (mas 20')		11:12	11:14	11:16		
Altura máxima de material fino	mm	5.10	5.20	5.10		
Altura máxima de la arena	mm	4.45	4.65	4.50		
Equivalente de Arena	%	87.25	89.42	88.24		88.3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El presente resultado con respecto al equivalente de arena nos proporciona un porcentaje elevado en resultado, la cual indica que el material presenta en su porcentaje de finos una composición de gran magnitud con referencia a las arenas, siendo corroborado por la granulometría y los límites de consistencia, dicho material es aceptable para trabajar con la emulsión asfáltica y obtener resultados eficientes en la nueva capa.

- se realizó el procesamiento de datos con respecto a la abrasión los ángeles, donde nos determinara la degradación del material por efectos de desgaste, abrasión, impacto o trituración, será de importancia para garantizar la durabilidad y que no exista desintegraciones en la capa.

TABLA 26: ABRASIÓN LOS ÁNGELES MTC E 207, NTP 400-019, ASTM C 535

<b>TIPO DE ENSAYO :</b>	<b>B</b>		
<b>PESO ANTES DEL ENSAYO</b>	<b>5000.00</b>	<b>Gr.</b>	
<b>PESO DESPUES DEL ENSAYO</b>	<b>3562.10</b>	<b>Gr.</b>	
<b>DESGASTE LOS ANGELES</b>	<b>28.76%</b>	<b>%</b>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El presente resultado nos indica que el material presenta un porcentaje trabajable, nos manifiesta que el material en efectos de desgaste, desintegración e impacto tendrá una incidencia mínima y al trabajar con la emulsión asfáltica obtendrá una buena conformación y nos proporcionara en la nueva capa la durabilidad.

- Se procesó los datos para la destilación asfáltica de la emulsión, el ensayo nos determinara la composición de la emulsión asfáltica con respecto al residuo asfáltico y el agua.

TABLA 27: DESTILACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS MTC E 401 ASTM D-244

Nº de Ensayo	1	2
Peso Tara + Emulsión (gr.)	565.4	565.4
Peso Tara (gr.)	365.4	365.4
Peso Tara + Residuo (gr.)	486.0	486.6
Residuo por Destilación (%)	60.3	60.6
Promedio de Residuo por Destilación (%)	60	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El presente resultado sobre destilación asfáltica nos proporciona un porcentaje optimo en residuo asfáltico y nos manifiesta que es una emulsión de calidad y nos proporcionara un comportamiento adecuado y le otorgara a la nueva capa conformante la estabilidad.

#### 4.1.2. DISEÑO DE MEZCLA

- Teniendo todos nuestros resultados de nuestra muestra reciclada se procedió a realizar el diseño así como también el análisis estadístico de nuestro diseño.
  
- Inicialmente se procedió a la preparación del diseño que fueron 15 desglosados en 3 etapas comprendido 5 diseños por cada etapa, separadas por fechas, cada diseño comprendió de 6 briquetas, llegando a realizarse 90 briquetas en total, para las etapas se plasmaron contenidos asfálticos de 0.3 a 4.5 % variando de 0.3 en 0.3 % por cada diseño, quedando los primeros 5 entre 0.3 a 1.5 % los que siguen entre 1.8 a 3 % y los 5 últimos entre 3.3 a 4.5 %, se tiene que tener en cuenta que estos porcentajes son residuos asfálticos, ya que estoy trabajando con emulsión asfáltica y está comprendida con 60 % de residuo asfáltico y 40% de agua, realizando cálculos el contenido de emulsión a trabajar para los 15 diseños se encuentra entre 0.5 a 7.5 % de emulsión asfáltica.
  
- El procesamiento de datos del diseño basándonos al método Illinois, la EG-2013 Sección 437, Sección 301-E y al instituto del asfalto se realizó y este nos determinara la estabilidad, el flujo, porcentaje de vacíos, cambios de estabilidad, densidad bulk y otros factores que determinaran una capa conformante adecuada y real y contrastados paramétricamente con las normativas antes en mención.



TABLA 28: INFORMACIÓN DE BRIQUETAS DE LOS DISEÑOS BASE ESTABILIZADA-RECICLADO-EMULSIÓN ASFÁLTICA

Nº BRIQUETA	Fecha de moldeo - inicio de curado	Fecha de prueba - después de curado	Propiedades Físicas de la Briqueta									
			Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Diame. Prome.	Área	Altura	FACTORES DE ANILLO		CONTENIDO ASFÁLTICO
			D1 (cm)	D2 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	cm <sup>2</sup>	L (cm)	m	b	%
B - 01	09/07/2018	12/07/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	0.3
B - 02	09/07/2018	12/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.16	10.15	80.95	6.70	4.40	-6.848	0.6
B - 03	09/07/2018	12/07/2018	10.17	10.17	10.16	10.17	10.17	81.19	6.80	4.40	-6.848	0.9
B - 04	16/07/2018	19/07/2018	10.13	10.13	10.14	10.13	10.13	80.63	6.70	4.40	-6.848	1.2
B - 05	16/07/2018	19/07/2018	10.16	10.16	10.15	10.16	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	1.5
B - 06	16/07/2018	19/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	80.91	6.80	4.40	-6.848	1.8
B - 07	23/07/2018	26/07/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	2.1
B - 08	23/07/2018	26/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	80.91	6.60	4.40	-6.848	2.4
B - 09	23/07/2018	26/07/2018	10.15	10.15	10.14	10.15	10.15	80.87	6.40	4.40	-6.848	2.7
B - 10	30/07/2018	02/08/2018	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	80.60	6.70	4.40	-6.848	3.0
B - 11	30/07/2018	02/08/2018	10.14	10.14	10.15	10.14	10.14	80.79	6.70	4.40	-6.848	3.3
B - 12	30/07/2018	02/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.70	4.40	-6.848	3.6
B - 13	06/08/2018	09/08/2018	10.15	10.15	10.16	10.14	10.15	80.91	6.40	4.40	-6.848	3.9
B - 14	06/08/2018	09/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	4.2
B - 15	06/08/2018	09/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	81.07	6.50	4.40	-6.848	4.5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el presente cuadro inicial se muestra las características principales de los 15 diseños realizados expresando las fechas en moldeo y en rotura, así como también los diámetros, altura ligados a la normativa, se muestra los factores del anillo de la prensa Marshall que será de uso fundamental para el cálculo de estabilidad y por ultimo nos proporciona los porcentajes de residuo asfáltico para cada diseño que va variando en 0.3% por cada diseño, este viene hacer el parámetro fundamental en el diseño de mezcla.

- Luego del proceso del curado de briquetas de los 15 diseños en seco y sumergido se procedió a la prueba en la prensa Marshall por etapa antes mencionada, se procesó los resultados y se plasmó promedios de los resultados de los diseños para lograr obtener un diseño optimo ligados a las normativas antes mencionadas.
- Realizado el procesamiento de datos de los 15 diseños se determinó un diseño óptimo que nos determinara la estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, densidad bulk y otros factores de análisis y se presenta:

TABLA 29: FORMATO PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS CON EMULSIÓN

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente		Cantera			
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo		Agregado			
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)		2.565			
A.- Asfalto residual en mezcla	2.1	%	Emulsión Asfáltica (%)		3.5			
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca		26/07/2018			
Agua agregada	3.8	%	Fecha rotación muestra inmersa		26/07/2018			
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda		27/07/2018			
Fecha de compactación	26/07/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	Peso en el aire		1177	1169	1174			
E.-	Peso en el agua		672	667	670			
F.-	Peso SSD		1182	1179	1181			
	Volumen de Parafina		5.55	11.10	7.77			
	<b>VOLUMEN DE BRIQUETA</b>		504.85	500.50	502.83			
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.331	2.336	2.335			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/1	2.307	2.312	2.314			
	Espesor		6.8	6.7	6.9	6.5	6.4	
<b>Estabilidad</b>								
	Carga		201	205	206	100	108	
	Estabilidad ajustada		877.7	895.3	899.7	433.2	468.4	
	Flujo		13	13	13	14	14	
	Perdida de Estabilidad, %		$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$				48.1	
<b>Contenido humedad</b>								
H.-	Peso muestra fallada (H)		476.85	476.05	465.8	472.65	466.82	
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		471.93	471.15	461.7	452.89	448.22	
J.-	J.- Agua, g (H-I)		4.92	4.9	4.1	19.76	18.6	
K.-	Contenido humedad (K)		1.0	1.0	0.9	4.4	4.1	
	Humedad absorbida		$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K$			3.3		
	<b>VACIOS TOTALES</b>		7.13	6.96	6.86			

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

se muestra los resultados del diseño óptimo, el cual nos manifiesta los datos a plasmar en el diseño para cumplir con las especificaciones normativas de calidad, se tiene el análisis para la muestra seca y la sumergida, se obtiene la densidad bulk para el caso de muestra seca, esta nos indica la densidad de

la muestra compactada en composición de un residuo asfáltico, se tiene la estabilidad seca y húmeda que indica los parámetros de resistencia del bloque conjuntamente con ello se relaciona el flujo y el porcentaje de vacíos para lo cual indica la deformación y la magnitud de los vacíos encontrados en el interior de la capa a conformar, estos resultados manifiestan que el material trabajo de una manera eficiente al conformarse con la emulsión asfáltica logrando obtener resultados deseados, así como también el cumplimiento de los estándares de calidad ligados a las normativas utilizadas.

- se realizó el cuadro de promedios de los resultados de los 15 diseños con la cual se desarrollara los gráficos y la obtención del diseño óptimo, este cuadro nos muestra los resultados de los factores en análisis para la conformación de la base y se muestra:

**TABLA 30: PROMEDIOS-RESULTADOS DE DISEÑOS**

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
<b>ASFALTO RESIDUAL (%)</b>	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
<b>DENSIDAD</b>	2.275	2.283	2.289	2.295	2.301	2.307	2.311	2.309	2.301	2.285	2.250	2.214	2.183	2.168	2.160
<b>ESTABILIDAD SECA (Lb)</b>	713.4	750.1	773.6	800.0	839.6	867.5	890.9	870.4	854.3	846.9	846.9	841.1	835.2	810.3	782.4
<b>FLUJO (0.01 Pulg.)</b>	8.3	8.7	9.0	9.3	10.3	11.3	13.0	15.3	17.3	20.0	22.3	25.3	27.3	29.0	31.3
<b>VACIOS TOTALES (%)</b>	10.9	10.1	9.5	8.8	8.2	7.5	7.0	6.7	6.6	6.8	7.9	9.0	9.9	10.1	10.1
<b>ESTABILIDAD HUMEDA (Lb)</b>	169.2	197.1	216.1	264.5	320.3	384.8	462.6	499.3	486.1	522.7	543.3	560.9	596.1	607.8	619.5
<b>HUMEDAD ABSORVIDA (%)</b>	7.1	6.6	6.0	5.4	4.2	4.3	3.3	2.9	2.6	2.0	1.6	1.2	0.9	0.7	0.6
<b>AGUA AGREGADA (%)</b>	5	4.8	4.6	4.4	4.2	4	3.8	3.6	3.4	3.2	3	2.8	2.6	2.4	2.2
<b>CAMBIOS DE ESTABILIDAD(%)</b>	76.3	73.7	72.1	66.9	61.9	55.6	48.1	42.6	43.1	38.3	35.9	33.3	28.6	25.0	20.8

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el cuadro se muestran los 15 diseños donde se muestra el comportamiento de la capa conformante y está ligado al contenido de asfalto residual en cada diseño, se muestran los diseños y como resultado del análisis basándonos en las normativas y en cumplimiento a estos parámetros el que se encuentra ligado a ello es la del diseño número 7 (D7), este diseño es el óptimo y el aplicable para el desarrollo en campo.

Sin embargo se profundizara el análisis para tener la certeza de que el D7 es el óptimo en su verdadera magnitud, para esto se realizaran gráficos y procesos estadísticos y la corroboración con las normativas.

- Se presenta el cuadro de normativas para el análisis y comparación de resultados, estos cuadros están en base a las normativas utilizadas para el diseño y análisis y se encuentran relacionadas:

TABLA 31: PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL DISEÑO (1)

Método de proyecto <sup>2</sup>	Tráfico pesado y muy pesado		Tráfico medio		Tráfico ligero	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>MARSHALL</b>						
Número de golpes de compactación en cada extremo de la probeta. . . . .	75	—	50	—	35	—
Estabilidad, libras <sup>3</sup> . . . . .	750	—	500	—	500	—
Fluencia <sup>3</sup> , expresada en 0,01 pulgadas . . . . .	8	16	8	18	8	20
Huecos en la mezcla total %						
Capas de superficie o nivelación . . . . .	3	5	3	5	3	5
Sheet asphalt con arena o piedra . . . . .	3	8	3	8	3	8
Capas Intermedia o de base . . . . .	3	8	3	8	3	8
Huecos de los áridos rellenos de asfalto %						
Capas de superficie o nivelación . . . . .	75	82	75	85	75	85
Sheet asphalt con arena o piedra . . . . .	65	72	65	75	65	75
Capas Intermedia o de base . . . . .	65	72	65	75	65	75

FUENTE: MANUAL DEL INSTITUTO DEL ASFALTO – TABLA IV-9 PAG. 101

TABLA 32: PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL DISEÑO (2)

TABLA 4 CRITERIOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EMULSION-AGREGADO		
Propiedad en ensayo	Mínimo	Máximo
<u>Pérdida estabilidad, por ciento</u>		50 -
Después de 4 días inmersión a 72°F(22.2°C)	—	
<u>Humedad absorbida, por ciento</u>		4
Después de 4 días inmersión a 72°F(22.2°C)	—	

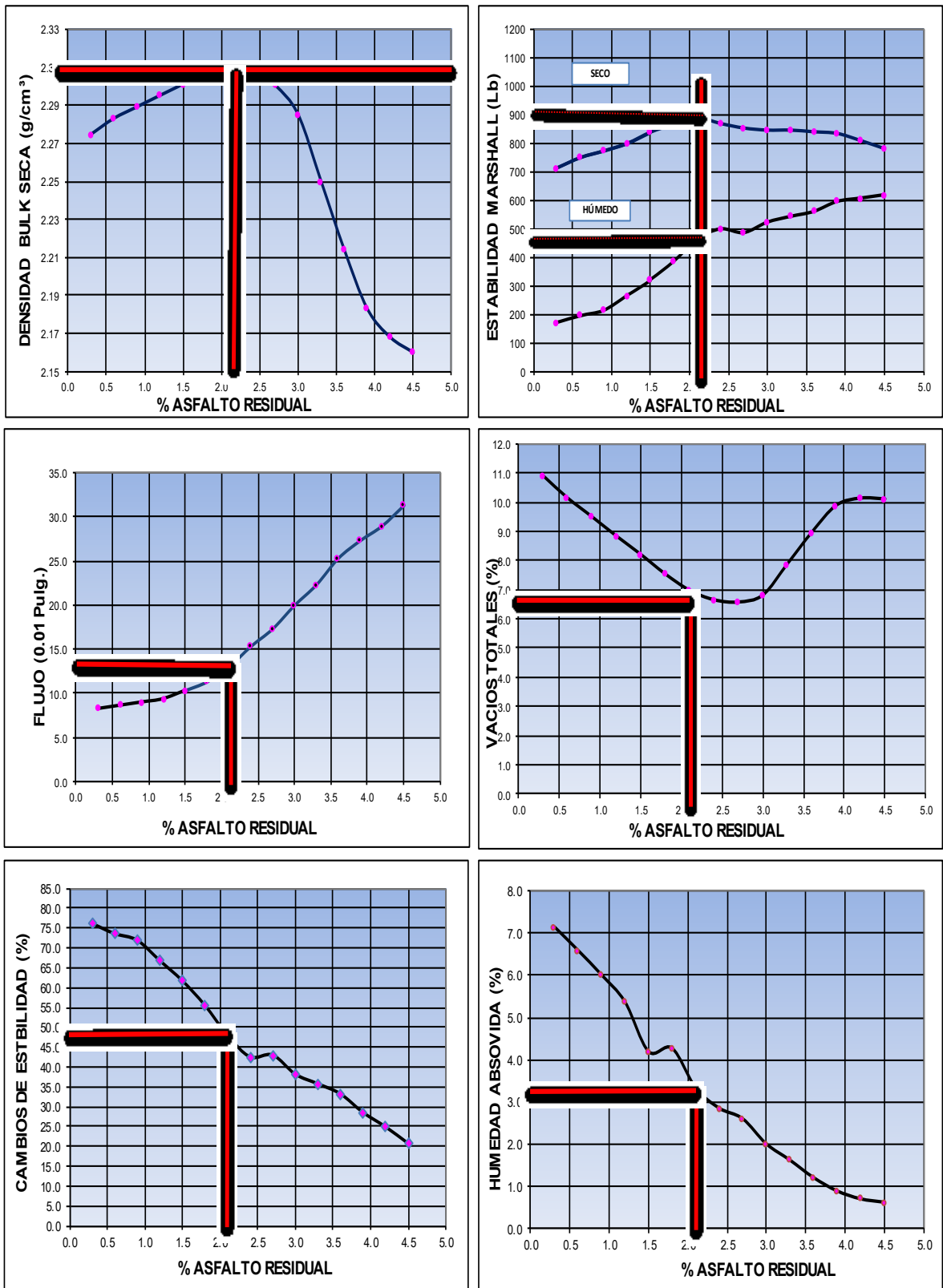
FUENTE: DARTER, MICHEL. WILKEY, PATRICK. AHLFIELD, STEVEN. WASILL, RICHARD. (1978). PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO, EMULSIÓN ASFÁLTICA-AGREGADO

### **Análisis en el diseño**

Se realizaron los ensayos de los 15 diseños obteniendo resultados de cada uno de ellos y se desarrolló el cuadro de promedios antes mencionado, con estos resultados y basados a los cuadros y especificaciones normadas se analizó y se optó por la selección de un diseño óptimo siendo el diseño número 7 (D7) el que cumple satisfactoriamente los parámetros establecidos.

Seguidamente con el cuadro de promedios se realizaron las gráficas de diseño para analizar en conjunto los 15 diseños en cada factor llámese estabilidad, flujo, % de vacíos, pérdida de estabilidad, etc., ya que con el desarrollo de los gráficos se tendrá un análisis por cada resultado de cada factor y se observara el comportamiento de la base por ende nos proporcionara el diseño óptimo.

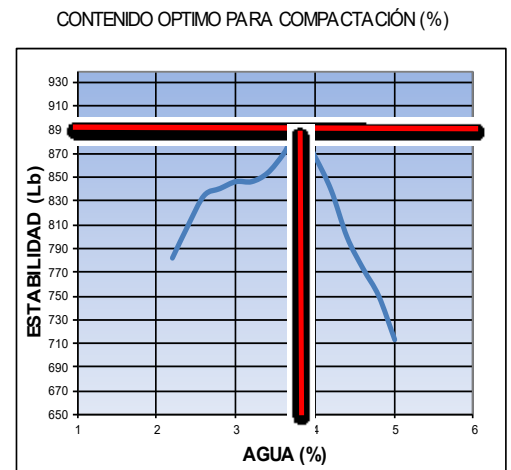
FIGURA 16: DIAGRAMA DE DISEÑOS – 15 DISEÑOS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 33: RESULTADOS DE DISEÑO ÓPTIMO

% ASFALTO RESIDUAL: 2.1 % EMULSIÓN ASFALTICA	3.50%
% DE AGUA PARA RECUBRIMIENTO	3.80%
% CONTENIDO DE AGUA PARA COMPACTACIÓN (2% a 6%)	5.20%
TEMPERATURA AMBIENTE	22.5 °C
N° DE GOLPES	75
% CEMENTO ASFALTICO RESIDUAL (EN PESO DE LOS AGREGADOS)	2.1
DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.311
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (Lb)	891
ESTABILIDAD MODIFICADA HÚMEDA (Lb)	463
FLUJO (0.01 pulg.)	13
VACIOS TOTALES (%)	7.00
HUMEDAD ABSORVIDA (%)	3.3
TEMPERATURA DE MEZCLA (°C)	24°C



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los resultados de los diseños están en relación a la estabilidad Marshall y este a su vez con él % de asfalto residual.

Iniciando el análisis nuestra densidad bulk el cual nos determina el volumen que ocupa el material en la base asciende en relación al incremento del % de asfalto residual así como también la estabilidad Marshall asciende y con ello el flujo, se llega a un punto de inflexión en cierto porcentaje residual donde la estabilidad Marshall seco decrece y esto es debido al incremento de porcentaje de vacíos y la estabilidad húmeda se presencia un comportamiento inadecuado no constante debido al exceso en % de residuo asfaltico, con ello se genera el incremento del flujo la cual determina la deformación de la capa conformada y la caída excesiva de los cambios de estabilidad.

En consecuencia se confirma que el diseño optimo a desarrollarse y a la vez que es corroborada con los cuadros normativos es la de la incidencia en el punto de inflexión y viene hacer el diseño número 7.

## Análisis estadístico para el diseño

- se muestran los resultados estadísticos para la **ESTABILIDAD EN LA BASE**, donde nos determinaran datos cuantitativos para el análisis e interpretación estadística del factor en cumplimiento a las normativas.

TABLA 34: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - ESTABILIDAD

K	ANCHO DE CLASE		$x_i$	$f_i$	$f_r$	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	$L_i$	$L_s$						
1	[ 713.43	748.93 >	731.18	1	0.0667	1	731.18	7668.06
2	[ 748.93	784.43 >	766.68	3	0.2000	4	2300.05	8132.88
3	[ 784.43	819.93 >	802.18	2	0.1333	6	1604.37	548.88
4	[ 819.93	855.43 >	837.68	6	0.4000	12	5026.11	2151.05
5	[ 855.43	890.94 ]	873.18	3	0.2000	15	2619.55	8889.48
$\Sigma =$				15	1		12281.26	27390.35

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se presenta la tabla de frecuencia para la estabilidad en la base, que se plasma en base a los resultados de los 15 diseños de la estabilidad seca Marshall, se desarrolla obteniendo la marca de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa, frecuencia absoluta acumulada y el cálculo para la determinación de las medidas de dispersión.

TABLA 35: MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN - ESTABILIDAD

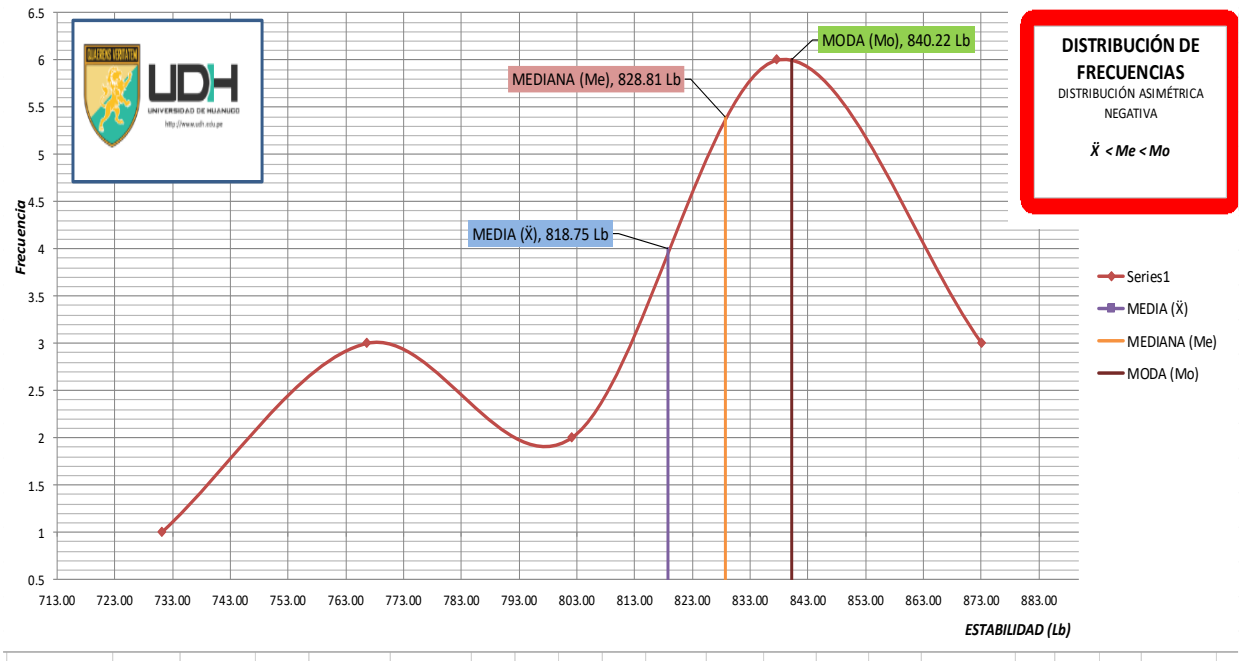
<b>MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN</b>	
Media Aritmética, ( $\bar{X}$ )	818.75 Lb
Mediana, (Me)	828.81 Lb
Moda, (Mo)	840.22 Lb
Varianza, ( $\sigma^2$ )	1826.02
Desviación Estandar, ( $\sigma$ )	42.73 Lb
Coefficiente de Variación, (C.V.)	5.22 %
Coefficiente de Pearson, (A.S.)	-0.7063
<b>Distribución asimétrica negativa, sesgada hacia la izquierda <math>\bar{X} &lt; Me &lt; Mo</math></b>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Se presenta las tablas de medidas de variación o dispersión el cual nos determinara el análisis de la distribución y la conformación del grafico de distribución de frecuencias con referencia a la estabilidad en la base.

FIGURA 17: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - ESTABILIDAD



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se presenta la gráfica de distribución de frecuencias y la determinación de las medidas de dispersión y con ello el análisis del tipo de distribución, estas medidas de dispersión nos proporcionaran el análisis normativo para el diseño con referencia a la estabilidad de la base.

- se muestran los resultados estadísticos para el **FLUJO EN LA BASE**, donde nos determinaran datos cuantitativos para el análisis e interpretación estadística del factor en cumplimiento a las normativas.

TABLA 36: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - FLUJO

K	ANCHO DE CLASE		xi	fi	fr	F	xi*fi	(xi-x̄)²*fi
	Li	Ls						
1	[ 8.33	12.93 >	10.63	6	0.4000	6	63.80	298.78
2	[ 12.93	17.53 >	15.23	3	0.2000	9	45.70	18.11
3	[ 17.53	22.13 >	19.83	1	0.0667	10	19.83	4.59
4	[ 22.13	26.73 >	24.43	2	0.1333	12	48.87	90.95
5	[ 26.73	31.33 ]	29.03	3	0.2000	15	87.10	386.01
<b>Σ=</b>				<b>15</b>	<b>1</b>		<b>265.30</b>	<b>798.44</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se presenta la tabla de frecuencia para el flujo en la base, que se plasma en base a los resultados de los 15 diseños con referencia al flujo, se desarrolla obteniendo la marca de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa, frecuencia absoluta acumulada y el cálculo para la determinación de las medidas de dispersión.

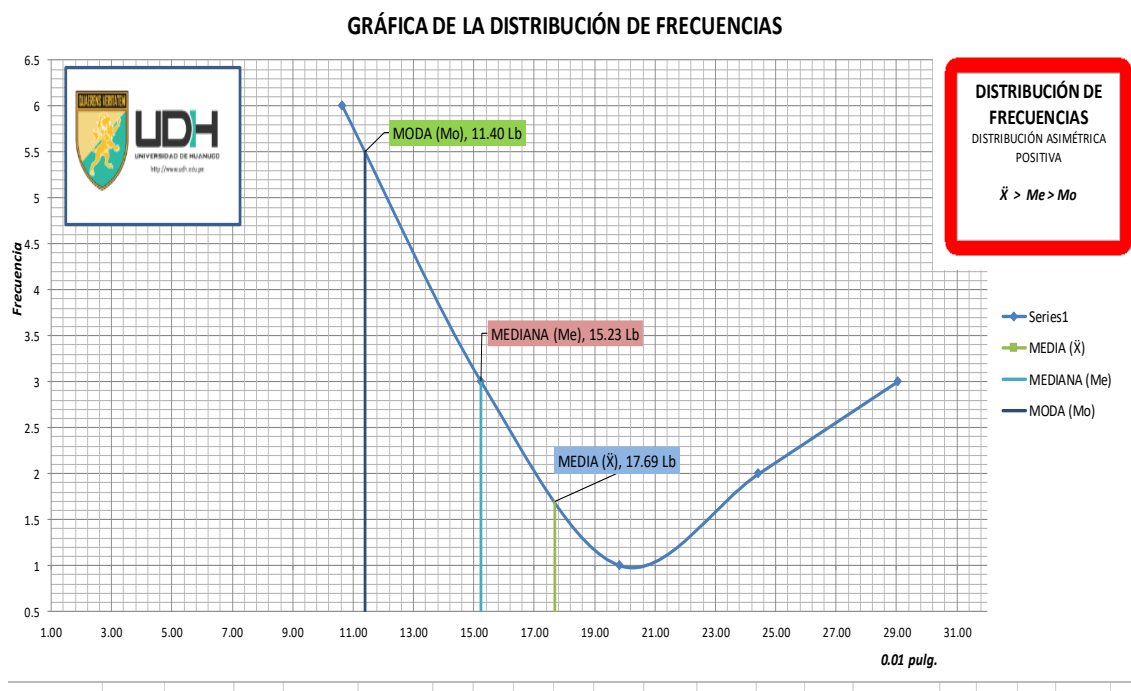
**TABLA 37: MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN - FLUJO**

<b>MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN</b>	
Media Aritmética, ( $\bar{X}$ )	17.69 (0.01 pulg)
Mediana, (Me)	15.23 (0.01 pulg)
Moda, (Mo)	11.40 (0.01 pulg)
Varianza, ( $\sigma^2$ )	53.23
Desviación Estandar, ( $\sigma$ )	7.30 (0.01 pulg)
Coeficiente de Variación, (C.V.)	41.27 %
Coeficiente de Pearson, (A.S.)	1.0110
<b>Distribución asimétrica positiva, sesgada hacia la derecha <math>\bar{X} &gt; Me &gt; Mo</math></b>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se presenta las tablas de medidas de variación o dispersión el cual nos determinara el análisis de la distribución y la conformación del grafico de distribución de frecuencias con referencia al flujo en la base.

FIGURA 18: DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS - FLUJO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se presenta la gráfica de distribución de frecuencias y la determinación de las medidas de dispersión y con ello el análisis del tipo de distribución, estas medidas de dispersión nos proporcionaran el análisis normativo para el diseño con referencia al flujo de la base.

### 4.1.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

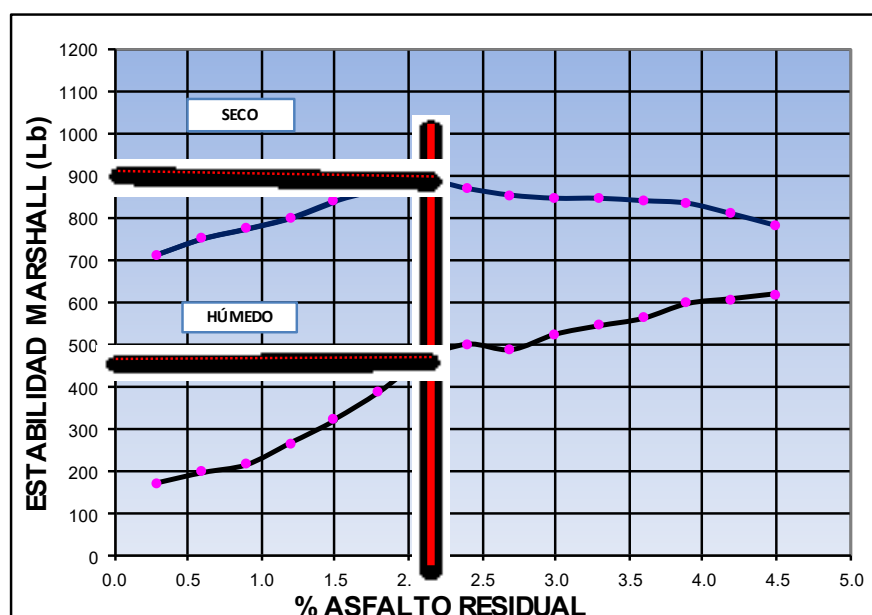
#### Hipótesis general

**H0:** El reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica si nos garantiza la obtención de la estabilización (Lb), a nivel de base en la nueva capa.

**H1:** El reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica no nos garantiza la obtención de la estabilización (Lb), a nivel de base en la nueva capa.

#### Para el diseño

FIGURA 19: ESTABILIDAD (lb) VS % ASFALTO RESIDUAL



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

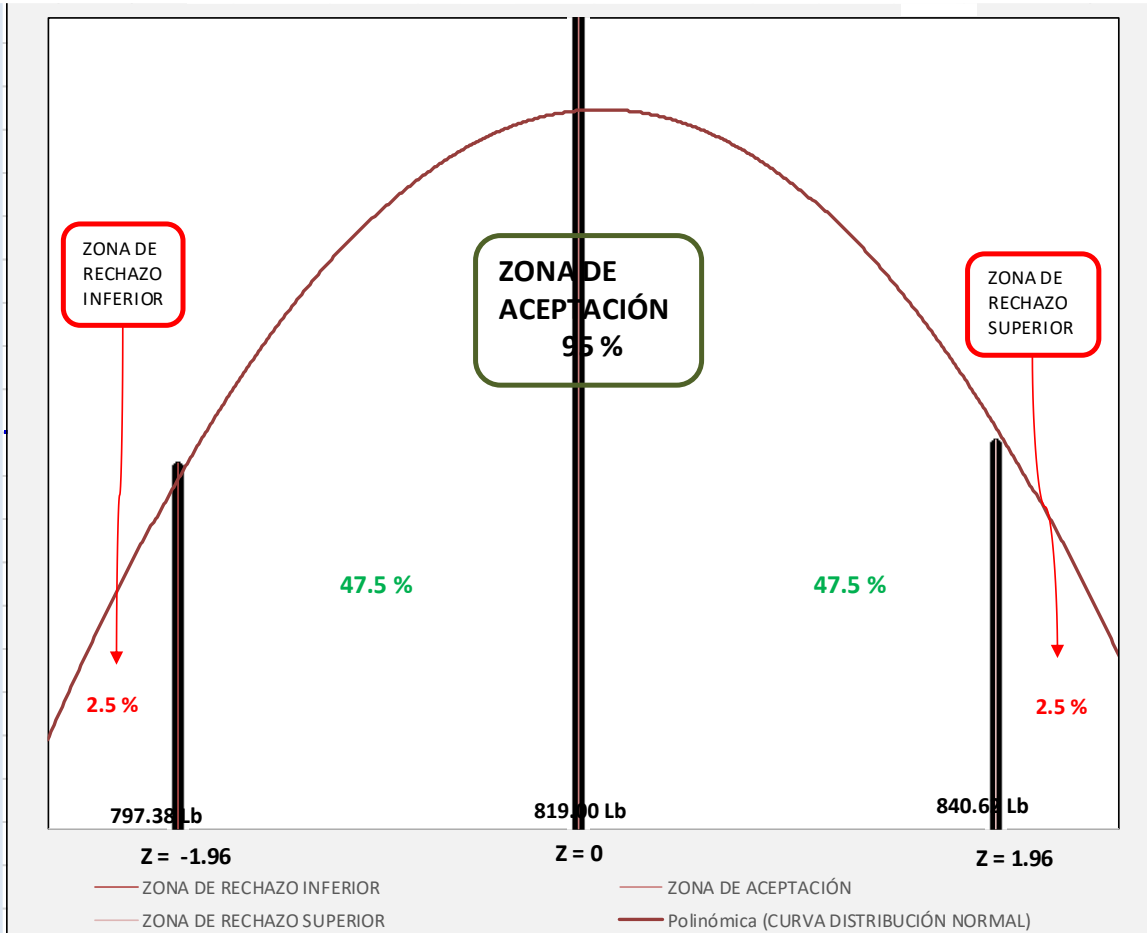
Se presenta los el resultado para el diseño con referencia a la estabilidad Marshall, observamos la conformación del grafico de los 15 diseños y en desarrollo nos indica el comportamiento de la base conforme a los porcentajes residuales, expresando un punto de inflexión en la estabilidad optima en relación al porcentaje residual óptimo para el material reciclado, **afirmando** así que el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica **si** nos garantiza la estabilización a nivel de base.

Para el análisis y determinación del diseño optimo los factores llámese estabilidad, flujo, % de vacíos, cambios de estabilidad, densidad bulk se tendrán que evaluar en forma conjunta debido a que se relacionan

directamente y tomando en cuenta el contenido del porcentaje residual es por ello el desarrollo de los gráficos de diseño.

## Estadísticamente

FIGURA 20: DISTRIBUCIÓN NORMAL – ZONA DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO DE H0 (ESTABILIDAD)



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se analizan los resultados de los 15 diseños para la determinación del cumplimiento de la normativa y la estabilización de la base con un 95 % de nivel de confianza y una significación de 5%, con ello se parametrizo la zona de aceptación y la de rechazo  $Z = -1.96$  a  $Z = 1.96$ , en cumplimiento a la normativa y a la garantía de la estabilidad en la base por lo que se indica que los resultados de los diseños se encuentran dentro de la zona de aceptación en base a la normativa, por lo que se acepta la hipótesis inicial “El empleo del reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica si nos garantiza la obtención de la estabilización a nivel de base en la nueva capa”.

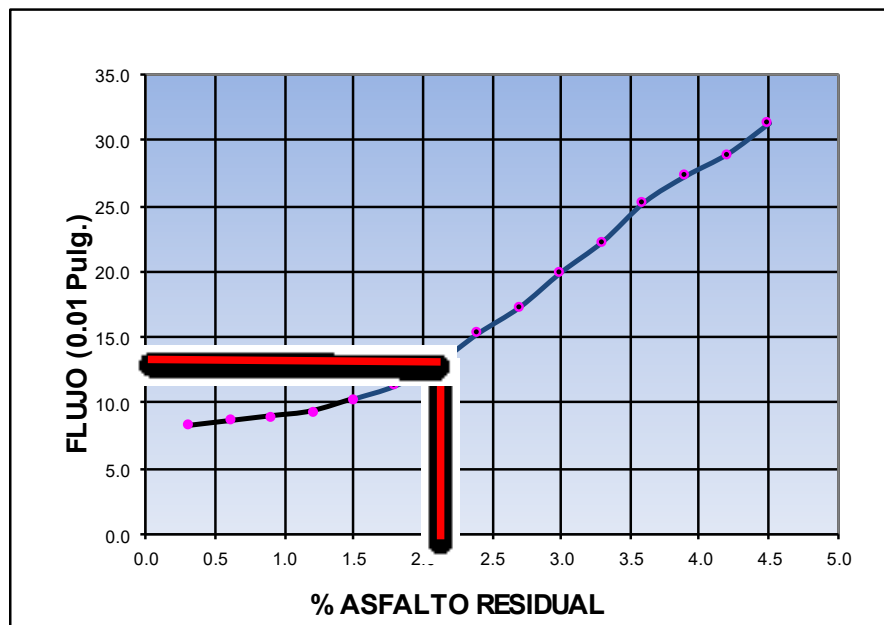
## Hipótesis específica

**H1.0:** El reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica si garantiza los parámetros de comportamiento deseados para el flujo (0.01 pulg.) en la capa conformante.

**H1.1:** El reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica no garantiza los parámetros de comportamiento deseados para el flujo (0.01 pulg.) en la capa conformante.

## Para el diseño

FIGURA 21: FLUJO (0.01 Pulg.) VS % ASFALTO RESIDUAL



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

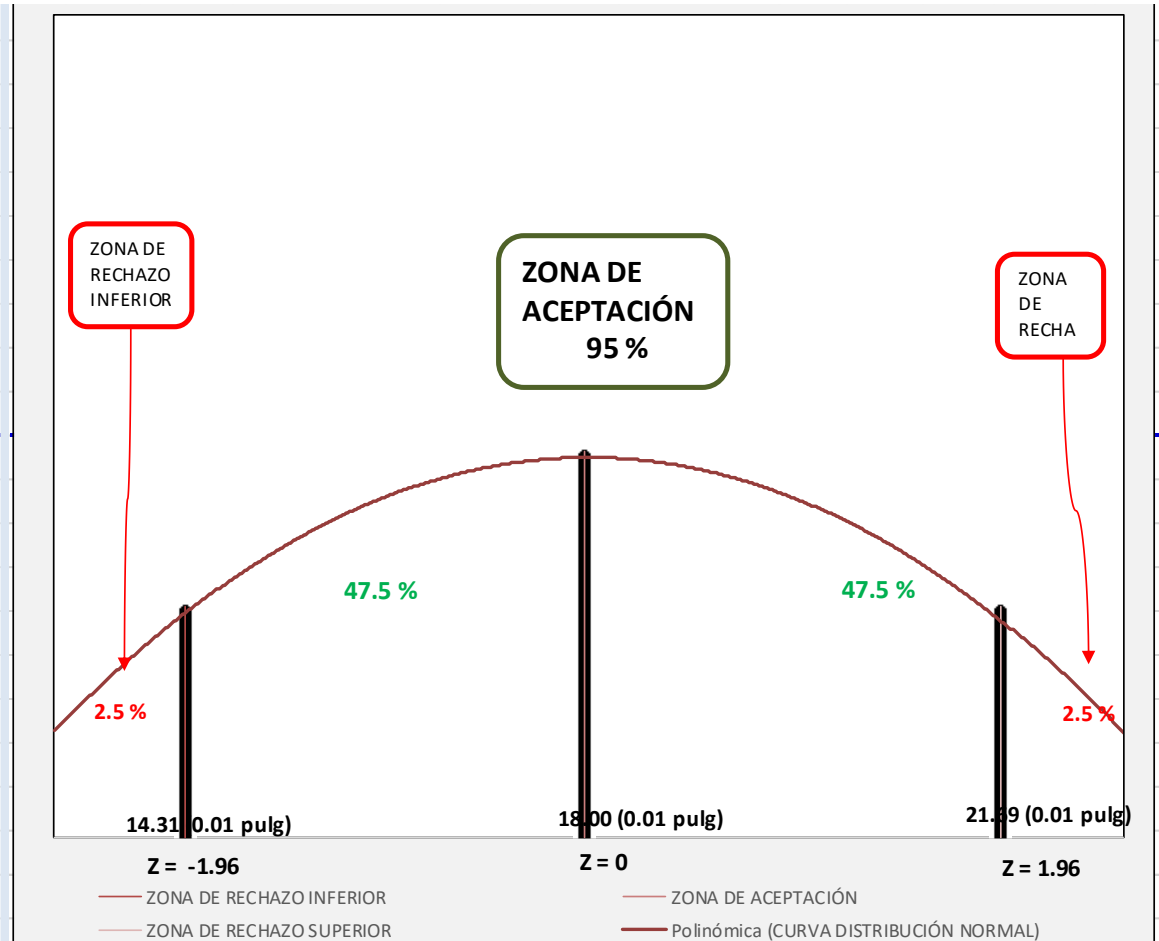
Se presenta los el resultado para el diseño con referencia al flujo, observamos la conformación del grafico de los 15 diseños y en desarrollo nos indica el comportamiento de la base conforme a los porcentajes residuales, expresando un punto de inflexión en el flujo optimo en relación al porcentaje residual óptimo para el material reciclado, **afirmando** así que el reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica **si** nos garantiza los parámetros deseados para el flujo a nivel de base.

Para el análisis y determinación del diseño optimo los factores llámese estabilidad, flujo, % de vacíos, cambios de estabilidad, densidad bulk se tendrán que evaluar en forma conjunta debido a que se relacionan

directamente y tomando en cuenta el contenido del porcentaje residual es por ello el desarrollo de los gráficos de diseño.

## Estadísticamente

FIGURA 22: DISTRIBUCIÓN NORMAL – ZONA DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO H1.0 - FLUJO



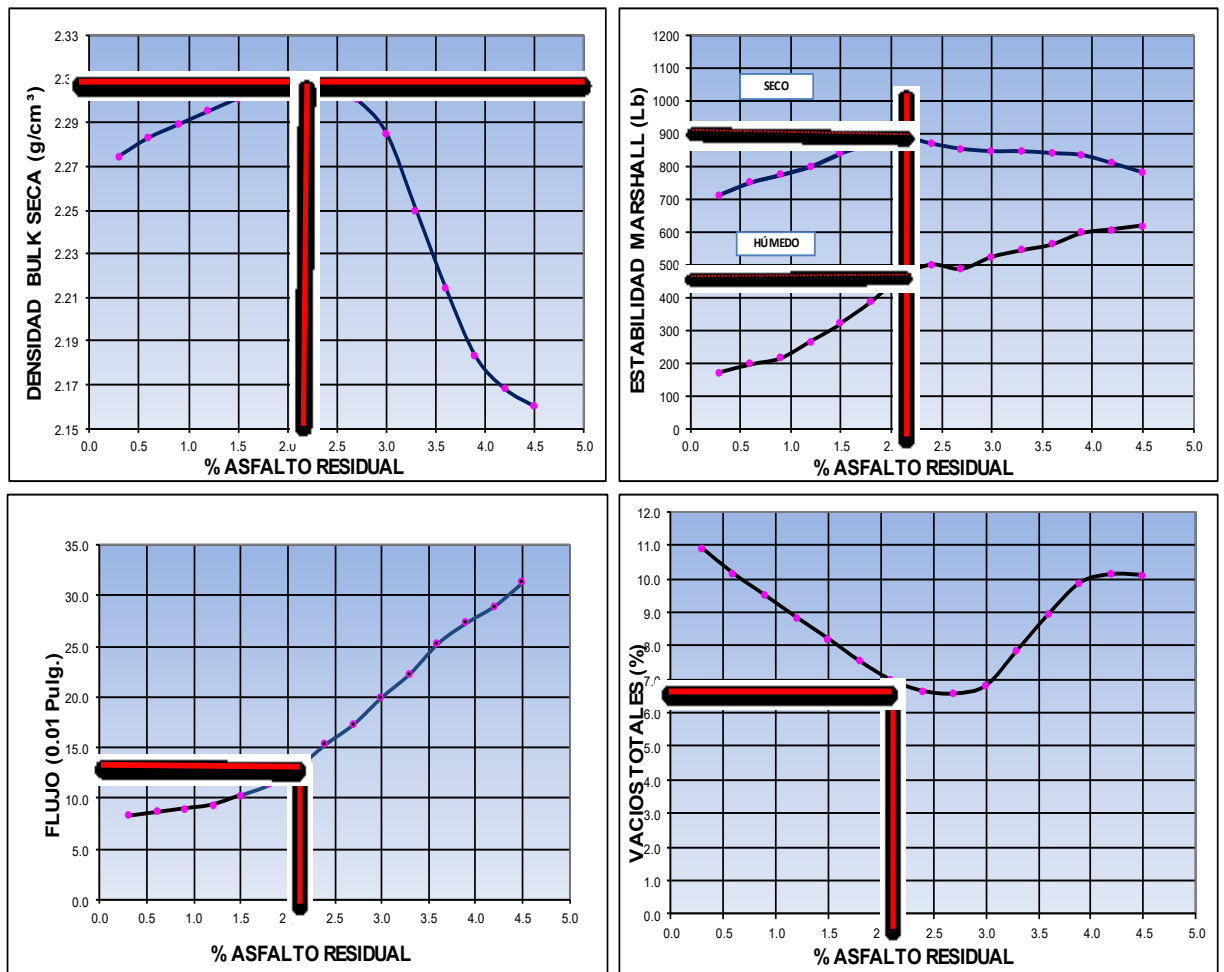
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se analizan los resultados de los 15 diseños para la determinación del cumplimiento de la normativa y la estabilización de la base con un 95 % de nivel de confianza y una significación de 5%, con ello se parametrizo la zona de aceptación y la de rechazo  $Z = -1.96$  a  $Z = 1.96$ , en cumplimiento a la normativa y a la garantización de un parámetro deseable para el flujo en la base por lo que se indica que los resultados de los diseños se encuentran dentro de la zona de aceptación en base a la normativa, por lo que se acepta la hipótesis inicial “El empleo del reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica si garantiza los parámetros deseados para el flujo en la capa conformante.”.

## 4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se presenta los resultados en general de los 15 diseños y para el análisis y contrastación en los resultados se tuvo en cuenta en las normativas del instituto del asfalto, EG-2013-seccion 437, sección 301.E y el método Illinois para mezclas asfálticas en frio.

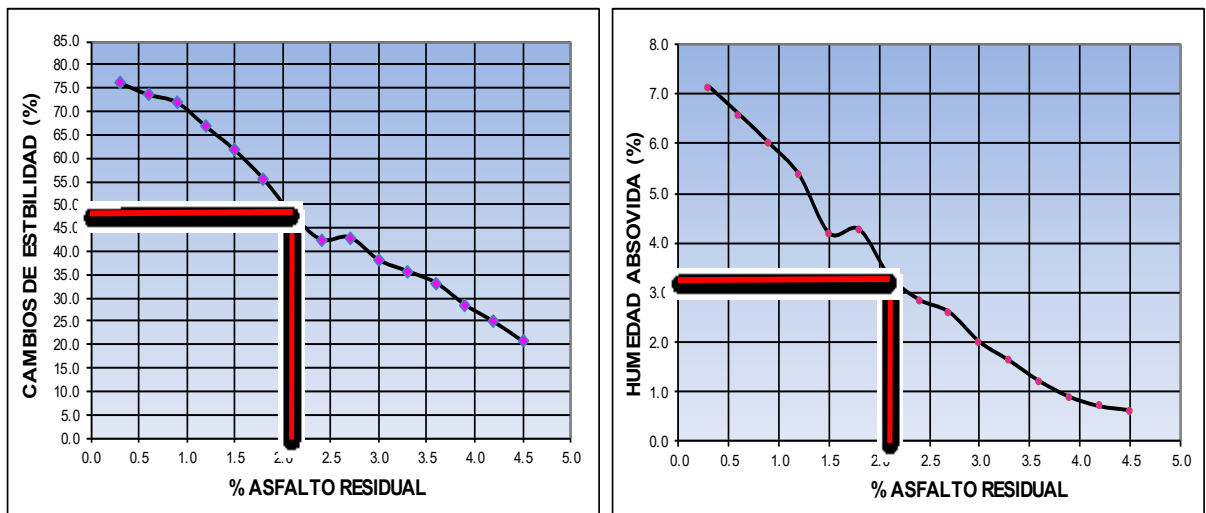
FIGURA 23: DIAGRAMA DE LOS 15 DISEÑOS – SELECCIÓN DEL DISEÑO ÓPTIMO (1)



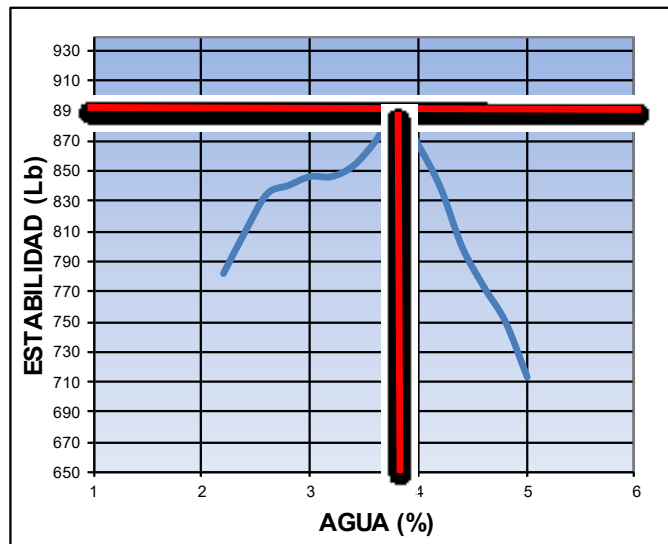
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 24: DIAGRAMA DE LOS 15 DISEÑOS – SELECCIÓN DEL DISEÑO OPTIMO (2)



CONTENIDO OPTIMO PARA COMPACTACIÓN (%)



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se muestran los gráficos del diseño conformado por 15 diseños con diferentes contenidos de % de asfalto residual, se muestra el comportamiento de cada factor en análisis llámese estabilidad, flujo, densidad bulk, % de vacíos, cambios de estabilidad y humedad absorbida.

Todos los factores se encuentran correlacionados con la estabilidad Marshall, es por eso que se muestra en el grafico que se determina el porcentaje optimo en residuo asfaltico en el punto de inflexión que se muestra, estando en correlación se analizan los otros factores para dar seguridad a la determinación del diseño optimo, en consecuencia la humedad absorbida decrece y es debido al incremento del porcentaje de vacíos ya que al ocurrir este fenómeno el residuo asfaltico ocupa en gran parte estos vacíos haciendo

inestable al bloque y dándole un comportamiento inadecuado a la estabilidad húmeda, con ello se da aún más los cambios de estabilidad con ello generan un fenómeno desfavorable para la base haciendo que el flujo aumente y se obtengan grandes deformaciones.

Optando así y en corroboración entre los factores se determina el diseño óptimo para el logro de la estabilización a nivel de base con emulsión asfáltica para un material reciclado, así como también se contrasto con las normativas antes mencionadas y en cumplimiento de estas normas y la determinación del diseño óptimo se plasmó:

**TABLA 38: RESULTADOS DEL DISEÑO ÓPTIMO**

<b>RESULTADO DEL DISEÑO METODO ILLINOIS INSTITUTO DEL ASFALTO</b>			
	Resultados	Unidad	Criterio para determinación del diseño óptimo - Normativa
No de Golpes en Cada Extremo del Especimen			75
P.U.S.Seco	1437	Kg/m <sup>3</sup>	-
Residuo Asfáltico Optimo	2.10	%	-
Emulsión BP-C.S.S -1h	3.50	%	-
Agua en Mezcla	5.2	%	-
Agua en Compactación	5.2	%	-
Estabilidad A 22.2°C seca	890.9	Lbs	Mín. 750
Estabilidad A 22.2°C Humedad	463	Lbs	Mín. 410
Absorción de agua	3.3	%	Máx. 4
Flujo 0,01"	13.0	Plg.	8 a 18
Perdida de Estabilidad después de 48 Hrs. de Inmersión	48	%	Máx. 50 %
Vacios	7.00	%	2 a 8
Peso Bulk Seco	2.311	g/cc	-

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Habiendo desarrollado el diagrama de diseños y obteniendo los resultados del diseño optimo se contrastan nuestros resultados con las tablas de parámetros de diseño normados por el instituto del asfalto y el método de Illinois representadas líneas abajo, llegando así a contrastar y manifestar que la investigación se realizó al margen de los parámetros de calidad iniciándose desde el reconocimiento de las propiedades del material reciclado hasta el

propio diseño para así lograr cumplir con los objetivos y corroborando las hipótesis plasmadas, así como también se plasma que el método del reciclado de pavimentos flexibles con dosificación de emulsión asfáltica en contrastación cumple con la normativa y se encuentra entre los parámetros de diseño.

TABLA 39: PARÁMETROS DE DISEÑO (1)

Método de proyecto <sup>2</sup>	Tráfico pesado y muy pesado		Tráfico medio		Tráfico ligero	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>MARSHALL</b>						
Número de golpes de compactación en cada extremo de la probeta. . . . .	75	—	50	—	35	—
Estabilidad, libras <sup>3</sup> . . . . .	750	—	500	—	500	—
Fluencia <sup>3</sup> , expresada en 0,01 pulgadas . . . . .	8	16	8	18	8	20
Huecos en la mezcla total %						
Capas de superficie o nivelación . . . . .	3	5	3	5	3	5
Sheet asphalt con arena o piedra . . . . .	3	8	3	8	3	8
Capas intermedia o de base . . . . .	3	8	3	8	3	8
Huecos de los áridos rellenos de asfalto %						
Capas de superficie o nivelación . . . . .	75	82	75	85	75	85
Sheet asphalt con arena o piedra . . . . .	65	72	65	75	65	75
Capas intermedia o de base . . . . .	65	72	65	75	65	75

FUENTE: MANUAL DEL INSTITUTO DEL ASFALTO – TABLA IV-9 PAG. 101

TABLA 40: PARÁMETROS DE DISEÑO (2)

TABLA 4 CRITERIOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EMULSION-AGREGADO		
Propiedad en ensayo	Mínimo	Máximo
<u>Pérdida estabilidad, por ciento</u>		50 -
Después de 4 días inmersión a 72°F(22.2°C)	—	
<u>Humedad absorbida, por ciento</u>		4
Después de 4 días inmersión a 72°F(22.2°C)	—	

FUENTE: DARTER, MICHEL. WILKEY, PATRICK. AHLFIELD, STEVEN. WASILL, RICHARD. (1978). PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO, EMULSIÓN ASFÁLTICA-AGREGADO

## CONCLUSIONES

- la evaluación parametrizada en las normativas para la reutilización del material reciclado es de mucha importancia ya que de estas características cualitativas y cuantitativas dependerá el comportamiento de la conformación en la base.
- Para la obtención del diseño óptimo se analizara y determinara con el grafico de diseños, debido a que los factores en análisis llámese estabilidad, flujo, % de vacíos, perdida de estabilidad, humedad absorbida, densidad bulk comprenden entre si una relación cualitativa y cuantitativa.
- Será de suma importancia la evaluación y análisis de la gradación del material reciclado y la destilación asfáltica, ya que debido a estos estudios se corroboraran otros aspectos del material y para el la emulsión la certeza de obtener la estabilización de la base.
- Con la aplicación del método del reciclado de pavimentos flexibles y dosificación de emulsión asfáltica se garantiza la estabilidad en la nueva base y con ello un parámetro adecuado para el flujo.

## RECOMENDACIONES

- Para el rubro de carreteras se recomienda que para trabajar con la emulsión asfáltica el material no sea muy plástico, debido a que la emulsión contiene un 40% de agua y al tener un IP elevado capturara gran cantidad de agua en su conformación la cual producirá las fallas como saturación, contracciones llegando a fisuras y grietas.
- Para el rubro de carreteras se recomienda que el control de lavados asfálticos y contenidos de humedad de una plataforma a reciclar e inyectar sean constantes para así determinar el porcentaje de inyección en residuo asfáltico y contenido de agua y evitar fallas en la conformación de la base.
- Para el rubro de carreteras se recomienda que el muestreo de la plataforma a reciclar sea continuo para poder determinar los cambios en el material y con ello analizar el proctor adecuado para así evitar las fallas estructurales.
- Para el rubro de carreteras se recomienda que el análisis para la determinación de un diseño óptimo se realice mediante los gráficos de diseño y se dé la relación normativa cuantitativa y cualitativa adecuada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

1. Asphalt Institute (2014) Manual básico de emulsiones asfálticas. Serie N° 19. USA
2. Braja M. Das (1985). Fundamentos de ingeniería geotecnia
3. Darter, Michel. Wilkey, Patrick. Ahlfield, Steven. Wasill, Richard. (Febrero de 1978). Procedimiento de diseño de mezclas en frío, emulsión asfáltica - agregado - método Illinois. Illinois – Estados Unidos.
4. Espinoza Juro, Paola K. Vildoso Flores, Julio E. (2014) “Estudio de la técnica del reciclado con asfalto espumado en las carreteras la Oroya – Chicrín – Huánuco – Tingo María – DV. Tocache y Conococha – Yanacancha” Lima – Perú.
5. Galván Huamaní, Luis miguel. (2015). Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica. Lima – Perú.
6. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (junio 2013). Manual para carreteras-especificaciones técnicas para construcción eg-2013-seccion 437. Lima – Perú.
7. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (junio 2013). Manual para carreteras-especificaciones técnicas para construcción eg-2013-seccion 301.e. Lima - Perú
8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (mayo 2016). Manual de ensayos para materiales. Lima – Perú.
9. Robles Díaz, Ricardo Arnoldo. (2009) “Guía para diseñar la rehabilitación de una ruta mediante el uso de asfalto espumado; reciclando el pavimento asfáltico existente”. Valdivia – Chile.
10. Velásquez, Manuel (1965) Manual del asfalto – The Asphalt Institute. España.
11. Wikipedia. (1 de 8) Wikipedia, obtenido de Wikipedia.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_de\\_compactacion\\_Proctor](https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compactacion_Proctor)
12. Geotecnia fácil (2 de 6) geotecnia fácil, obtenido de geotecnia fácil.  
[http://geotecniafacil.com/ensayo\\_proctor\\_normal\\_y\\_modificado](http://geotecniafacil.com/ensayo_proctor_normal_y_modificado)

13. Civilgeeks. (4 de 6) Civilgeeks, obtenido de civilgeeks.  
<https://civilgeeks.com/2011/10/02/lacompactacion-de-suelos/>
14. Slideshare. (1 de 8) slidshare, obtenido de slidshare.  
[https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica y  
absorcin de agregado-fino](https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica-y-absorcin-de-agregado-fino)
15. Scribd. (2 de 10) scribd, obtenido por scribd.  
[https://es.scribd.com/document/313844160/Peso Unitario-de Suelos](https://es.scribd.com/document/313844160/Peso-Unitario-de-Suelos)
16. Wikivia. (1 de 6) wikivia, obtenido de wikivia.  
[http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Equivalente de arena](http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Equivalente-de-arena)

## **ANEXOS**





**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
FACULTAD DE INGENIERIA – E.A.P. ING. CIVIL  
*Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas*



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

Huánuco, 19 de Agosto del 2019

**LABORATORIO DE MECANICA Y SUELOS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA-E.A.P. ING. CIVIL**

**HACE CONSTAR:**

Que, el Tesista **Bach. PAJUELO HUERTO, Jean Pool Jesús**, identificado con DNI N° **70549816**, Código del alumno N°2010110336, Por referencia, de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la UDH-Huánuco da conformidad a sus ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos los mismos que continuación detallo:

- ANALISIS GRANULOMETRICO
- LIMITES DE CONSISTENCIA
- COMPACTACION DE SUELO
- PESO ESPECIFICO GRUESOS
- PESO ESPECIFICO FINOS
- PESO UNITARIO
- EQUIVALENTE DE ARENA

Adjunto los formatos de los ensayos realizados.

Atte  UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
  
Bach/Ing. Civil Noelia H. Gutierrez Vargas  
JEFE DE LABORATORIO  
DNI: 45544092

  
 ERIC REMOLÓN DAVILA  
Msc. INGENIERÍA ESTRUCTURAL  
Y GEOTECNIA  
Reg/ CIP. 140458

Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono N° 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco –  
Perú

E-mail: [epingcivil@udh.edu.pe](mailto:epingcivil@udh.edu.pe)  
E-mail: [eparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eparquitectura@udh.edu.pe)



## **INFORME N° 001 – 2019 - JPJPH/ING. CIVIL**

A : Mg. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
Coordinador de la E.A.P. Ingeniería Civil

ASUNTO : SOLICITO APROBACIÓN DEL ESTUDIO REALIZADO EN EL LABORATORIO  
DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

REF. : TESINA: “RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACIÓN DE  
EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE”

FECHA : Huánuco, 26 de Julio del 2019.

Por medio del presente, es grato dirigirme a Usted para saludarlo cordialmente al mismo tiempo solicito la aprobación de los estudios realizado en el laboratorio de la Universidad de Huánuco; de dicho proyecto de investigación cuyo tema es: **“RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE”**. Para ello presento los ensayos realizados en el laboratorio.

Es cuanto informo a usted, para su conocimiento y trámite respectivo,



JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO  
Bach. Ingeniería Civil

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

*E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL*



**INFORME DE LABORATORIO**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL:**

**“RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE”**

**TESISTA:** Bach. Jean Pool Jesús Pajuelo Huerto

**Huánuco – Perú**

**2019**



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación va orientado a la utilización de la emulsión asfáltica en porcentajes dosificados para la estabilización a nivel de base de un pavimento flexible con la incidencia de reciclado de este mismo, creando una mezcla asfáltica en frío con materiales pétreos reciclados del pavimento flexible y lograr la estabilidad de la capa conformante a desarrollar.

Para determinar el porcentaje de incidencia de la emulsión asfáltica en el agregado reciclado se realizó diseños para la obtención de la estabilidad donde el porcentaje óptimo varía entre el 0.3% y 4.5% de residuo asfáltico, la cual conlleva un rango entre 0.5% a 7.5% de emulsión asfáltica debido a la composición del bitumen, comprendida en 60% de residuo asfáltica (PEN) y 40% de agua.

El análisis se realizó entre estos parámetros para así determinar los diagramas de estabilidad, flujo, etc., en la cual el punto de inflexión estará relacionado con el porcentaje óptimo de residuo asfáltico para el diseño, así como también se realizara el análisis estadístico.

La emulsión asfáltica CSS-1H comprende del tipo catiónica y es de rotura lenta la cual cumple los parámetros de calidad para la obtención de la estabilidad de acorde a los índices normativos del instituto del asfalto donde indica que la estabilidad debe de cumplir como mínimo 750 lb.

Si bien son diversas las investigaciones en torno a estabilizaciones como el asfalto espumado, cemento, polímeros, etc.

En esta investigación se decidió tomar como materia de estudio usar la emulsión asfáltica con materiales reciclados debido a su comportamiento, trabajabilidad y sobre todo a los efectos que produce en el paquete estructural a conformar.

El resultado demostrará el comportamiento del paquete estructural con la incidencia de la emulsión asfáltica en diversas características como la estabilidad flujo, etc.



1.	ÍNDICE	
1.	OBJETIVOS.....	4
1.1.	Objetivo general.....	4
1.2.	Objetivos específicos.....	4
2.	METAS.....	5
2.1.	Meta general.....	5
3.	ACTIVIDADES REALIZADAS AL AGREGADO RECICLADO.....	6
3.1.	Muestreo de materiales.....	6
3.2.	Selección de muestra para ensayos.....	9
3.3.	Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos.....	10
3.4.	Ensayo de análisis granulométrico de materiales.....	12
3.5.	Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos.....	14
3.6.	Ensayo de absorción y gravedad específica del agregados finos.....	15
3.7.	Ensayo de límite líquido – límite plástico e índice de plasticidad.....	16
3.8.	Ensayo de compactación de suelos (proctor modificado)....	17
3.9.	Ensayo de peso unitario del material.....	19
3.10.	Ensayo de valor del equivalente de arena del material.....	20
3.11.	Ensayo de abrasión los ángeles.....	22
4.	ENSAYO PARA EL BITUMEN.....	23
4.1.	Ensayo destilación asfáltica – emulsión.....	23
5.	DISEÑO DE MEZCLA.....	25
5.1.	Método de Illinois para el diseño de mezclas en frío, emulsión – agregado reciclado.....	25
	ANEXOS.....	31



## 1. OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características del paquete estructural conformante mediante los diagramas a desarrollar y hallar los resultados óptimos de diseño.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar las características mecánicas del pavimento reciclado y determinar el cumplimiento de las normativas de calidad.

Evaluar los diseños y determinar el porcentaje óptimo de residuo asfáltico.

Evaluar los diseños y hallar la estabilidad, flujo, etc, del paquete estructural parametrizados normativamente por el instituto del asfalto.





## 2. METAS

### 2.1 METAS GENERALES

La meta general de los ensayos que se realizará es evaluar los resultados obtenidos inicialmente del material reciclado la cual tendrá que cumplir con un uso granulométrico para el buen comportamiento del paquete, así como también los límites de atterberg y el índice de plasticidad para el análisis del comportamiento con la interacción del agua y la consistencia de la misma, el porcentaje de humedad conjuntamente con el proctor para el análisis de la consolidación óptima del paquete y el diseño con el Marshall-método Illinois con la incidencia de la emulsión asfáltica para el análisis de la estabilidad, flujo y otras características.

Así como también de evaluar si es factible la elaboración de mezclas asfálticas en frío con material reciclado para así masificar el uso de este método.

Reducir el daño ambiental y generar una política de reciclaje de pavimento flexible conjuntamente garantizando la vida útil de este nuevo paquete estructural.



### **3. ACTIVIDADES REALIZADAS AL AGREGADO RECICLADO**

Para realizar los análisis de los ensayos de la investigación antes y durante, se realizó las siguientes actividades:

#### **3.1. MUESTREO DE MATERIALES**

Para la toma de muestra del material reciclado se determinó un tramo, el km 13+800 al 16+300 Huánuco-Tingo María, la cual gracias al a la empresa que realizo el mantenimiento de la carretera Huánuco-Tingo María con reciclado de pavimento flexible autorizo al frente de trabajo y me permitió la toma de muestra, inicialmente se inspecciono el área determinada, visualmente se reconoció que el material en ese área era uniforme y no presentaba variación con referencia a su composición granulométrica, se realizó la inspección visual donde se determinó la relación del tamaño de las partículas entre gruesos y finos, textura y color, en todo el área se mantuvo las mismas características la cual fue determinante para la toma de muestra, para la toma de muestra inicialmente la maquina recicladora wirtgen W240 reciclo el tramo de muestreo sin inyección de bitumen (reciclado en seco-frezado) a una profundidad de 15 cm, se realizó la recolección y la verificación de las profundidades.

El tramo y toma de muestra fueron en el km 14+000, 15+000 y el 16+000 con referencia a la entrada del distrito de Santa María del Valle geoméricamente una curva vertical, los procedimientos realizados se basan en la MTC E 101 – ASTM D 420 y MTC E 201 – NTP 400.010.





**VISTA:** ACTIVIDADES DE TOMA DE MUESTRA KM 13+800 HUÁNUCO-TINGO MARÍA



**VISTA:** RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE–EQUIPO, RECICLADORA WIRTGEN W240.



**VISTA:** INSPECCIÓN DEL ESPESOR RECICLADO Y UNIFORMIDAD DEL MATERIAL.



**VISTA:** EQUIPO DE RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE – RECICLADORA WIRTGEN W240.

### 3.2. SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA ENSAYOS

Habilitadas las muestras, se tomaron y se realizó la mezcla de los 3 puntos tomados para dar a conformar una mezcla, se sacaron las tres tomas sobre una superficie limpia y se realizó la mezcla con palas de abajo hacia arriba del material acopiándolo en forma de tronco de cono por 4 veces, luego se realizó el cuarteo del material y en lo sucesivo la toma de material necesario producto del cuarteo para los ensayos, procedimientos basados en la MTC-E 201 – NTP 400.010.



**VISTA:** INICIANDO ANÁLISIS – CUARTEO DE MUESTRAS.



**VISTA:** INSPECCIÓN PARA VERIFICAR LA HOMOGENEIDAD DEL MATERIAL RECICLADO.

### 3.3. ENSAYO DE EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

Realizado la selección de muestra se determinó la mezcla para la realización del ensayo de lavado asfáltico, el material seleccionado es pesado inicialmente, seguidamente se realiza el lavado asfáltico o destilación en la maquina centrífuga con la adición de tricloroetileno , al interactuar el material y la sustancia química en el movimiento de rotación en la maquina resulta que por fuerzas centrífugas se inicia el destilado del residuo asfáltico quedando en la maquina solo el material, seguidamente se lava el material con la intervención de un detergente y de la malla N° 200 para así evitar pérdidas de finos, luego el material es secado por 24 horas o por métodos mecánicos, finalmente el material seco es pesado y el cálculo secuencial, con referencia al ensayo descrito se parametrizo de acuerdo a la MTC E 502 – ASTM D 2172.



**VISTA:** CON EL MATERIAL EN INTERIOR DEL EQUIPO SE INSERTA GRADUALMENTE EL TRICLOROETILENO PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUO ASFALTICO DEL MATERIAL.



**VISTA:** LAVADO ASFALTICO Y OBTENCIÓN DE LA MUESTRA DESPUÉS DE LAVADO.

<http://www.udh.edu.pe>



**VISTA:** LAVADO DE MUESTRA EN EL TAMIZ N° 200 PARA SECARLO EN EL HORNO Y PROSEGUIR CON LOS CÁLCULOS.



### 3.4. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MATERIALES

Para el presente ensayo tenemos el uso granulométrico de acuerdo a la EG-2013-sección 437-reciclado en frío de pavimento flexible, así como también la norma la cual bajo ella se realizara el procedimiento MTC E 204 – NTP 400.012.

*Tabla 437-01*

*Granulometría de los agregados reciclados en frío In situ empleando cemento asfáltico*

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
37,5 mm	1 1/2"	100
25,0 mm	1"	75-100
19,0 mm	3/4"	65-100
9,5 mm	3/8"	45-75
4,75 mm	N.º 4	30-60
2,00 mm	N.º 10	20-45
425 µm	N.º 40	10-30
75 µm	N.º 200	5-20

Teniendo el uso granulométrico como parámetro y la selección del material, así como también ya realizado el lavado asfáltico del material reciclado se logra tener un material lavado y sin residuo asfáltico, seguidamente este material se procede al pesado y sucesivamente al secado por 24 horas o métodos mecánicos teniendo en cuenta las temperaturas para no llegar a la fracturación de los materiales, luego de este proceso se pesa el material y se inicia el tamizado para el análisis granulométrico según el uso.

El agregado lavado seco se procede al tamizado por las mallas 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200 correspondiente al uso granulométrico líneas arriba.



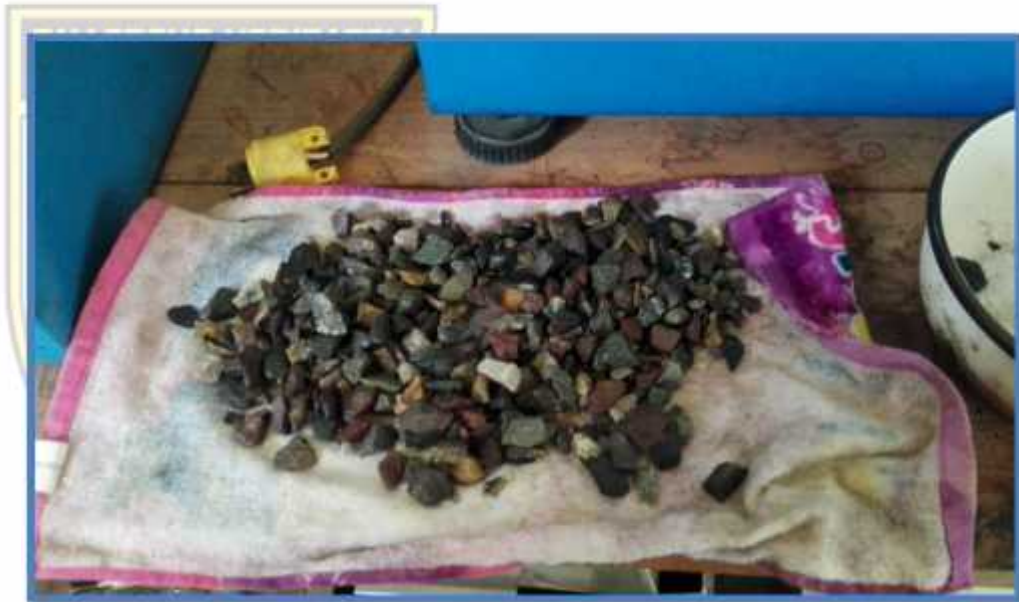
**VISTA:** INSERCIÓN Y TAMIZADO DE LA MUESTRA HASTA LA MALLA N° 4.



**VISTA:** INSERCIÓN Y TAMIZADO DE LA MALLA N° 10 A LA N° 200 PARA EL SUCESIVO PESADO.

### 3.5. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

Determinado el material para el ensayo, este es tamizado por el tamiz N° 4 y todo el pasante se descarta, lo retenido es el material a ensayar, se realiza el lavado del material y secado, seguidamente se sumerge en agua por 24 horas para luego secar superficialmente el material con una franela para luego pesarlo, seguidamente este mismo se inserta en una cesta y se sumerge en un recipiente con agua el cual el material será pesado mientras este sumergido en el agua, finalmente este material se seca y este será pesado, seguidamente los cálculos para la obtención de datos, el procedimiento del ensayo se realizó parametrizado a la MTC E 206 – NTP 400.021.



**VISTA:** SECADO SUPERFICIAL DE LA MUESTRA SUMERGIDA POR 24 HORAS.



**VISTA:** PESADO DE LA MUESTRA SUMERGIDA EN AGUA MEDIANTE LA CANASTA.



### 3.6. ENSAYO DE ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADOS FINOS

Determinado el material a ensayar, lavado y secado este se satura durante 24 horas, seguidamente se decanta el agua y se extiende el material para el secado, luego se ingresa el material al cono y se apisona 25 veces, si el material queda consolidado posee exceso de humedad, realizar hasta que se aprecie un desbordamiento superficial y es cuando el material está listo para el ensayo, seguidamente se sumerge el material en el picnómetro hasta el límite establecido, se evita las burbujas de aire, para luego realizar los pesos y los cálculos respectivos, los procesos se basaron en la MTC E 205 - NTP 400.022 - ASTM C – 128.



**VISTA:** MUESTRA PARA SER ANALIZADA E INSERTADA EN EL PICNÓMETRO.



**VISTA:** MUESTRA SUMERGIDA EN EL PICNÓMETRO Y LOS SUCESIVOS PESAJES.

### 3.7. ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO – LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE PLÁSTICO

Determinado el material se realiza el tamizado con la malla N° 40, el pasante se selecciona para la determinación de los límites, se inició con el límite líquido, se preparó la mezcla del material con agua destilada y se dejó cubierto en recipientes, luego de 24 horas se realizó el ensayo en la cazuela Casagrande, se calibró el material para una caída de la copa de 1 cm, seguidamente se insertó el material en la copa y se procedió a la determinación de los golpes según los rangos normados, sin embargo los golpes no sobrepasaban los 25 golpes, se optó por bajar la humedad así como también de subirla, finalmente los golpes de cierre en la copa eran menos de 25, por consiguiente como ya era de esperar por el ensayo granulométrico se llegó a la conclusión que el suelo es un material no plástico, seguidamente se realizaron los cálculos para lo ensayado, los procedimientos están basados a la MTC E110, MTC E 111, NTP 339.129.



**VISTA:** MUESTRA EN LA CAZUELA CASAGRANDE LUEGO DE CALIBRARLA, INICIANDO EL ANÁLISIS.



**VISTA:** TOMA DE MUESTRAS LUEGO DEL ENSAYO PARA EL SECADO EN HORNO Y EL SUCESIVO PESAJE.

### 3.8. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)

Determinado el material se realiza el tamizado con la malla indicada por el método en este caso el “C”, seguidamente se pesa el material y se determinan los porcentajes de agua a insertar en la mezcla en un rango ascendente respetando el parámetro de la norma, luego se realiza la mezcla hasta cubrir totalmente el material para luego insertar en el molde previamente inspeccionado y calibrado e iniciar el apisonado por capas con 56 golpes en 5 capas, se enrasa el molde con la regla y se procede a pesar, para luego retirar el molde y tomar una porción del bloque conformado para realizar el pesado y los respectivos cálculos, los procedimientos están basados en la MTC E 115, NTP 339.141.



**VISTA:** MUESTRA SELECCIONADA PARA EL ANÁLISIS 1 – PROCTOR.



**VISTA:** INSERCIÓN DEL PORCENTAJE DE AGUA PARA LA MEZCLA Y EL ANÁLISIS.



**VISTA:** SELECCIÓN Y MEZCLA DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE ANÁLISIS.



**VISTA:** INSERCIÓN Y CHANCADO DE MUESTRA EN EL MOLDE – 5 CAPAS DE 56 GOLPES CADA UNO, PARA EL SUCESIVO DESMOLDE Y LOS PESAJES.

### 3.9. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL MATERIAL

Determinado el material se realiza el ensayo, inicialmente se realiza el pesado del molde para luego insertar el material hasta que este desborde del molde, enrazarlo con una regla el material sobrante, seguidamente se pesa con todo el molde y finalmente se realizan los cálculos, por otra parte para el peso unitario compactado se realiza el mismo procedimiento con la única variante de varillar el agregado al insertar en el molde, los procedimientos están basados en la MTC E 203, NTP 400.017.



**VISTA:** SELECCIÓN DE MATERIAL PARA EL ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO.



**VISTA:** INSERCIÓN DEL MATERIAL, SECUENCIALMENTE EL ENRAZADO Y EL RESPECTIVO PESAJE PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS CÁLCULOS.

### 3.10. ENSAYO DE VALOR DEL EQUIVALENTE DE ARENA

Determinado el material, este se tamiza por el tamiz N° 4, la cual el material pasante será el utilizado en el ensayo, seguidamente este material obtenido del tamizado se humedece hasta obtener la homogeneidad con la finalidad de no desperdiciar finos, se prepara el líquido para el ensayo que viene a ser agua destilada con 88 cm<sup>3</sup> de cloruro de sodio, se vierte el líquido en los 3 cilindros graduados a una altura de 101.6 cm con el tubo irrigador, luego se inserta el material con el cilindro de muestra con una capacidad de 85 mililitros, se deja reposar durante 10 minutos y se inicia la agitación al cilindro graduado durante 30 segundos, se pasa a lavar el material en el interior del cilindro graduado con el tubo irrigador hasta llegar a los 180 mililitros, se deja reposar los cilindros durante 20 minutos, luego se toman apunte de las medidas de las arcillas y las arenas para que finalmente se realicen los cálculos., los procedimientos están basados en la MTC E 114, NTP 339.146:2000.



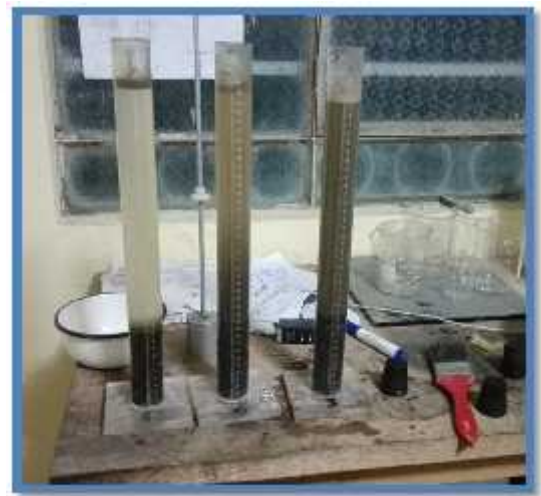
**VISTA:** MATERIALES DEL ANÁLISIS Y HABILITACIÓN DEL CLORURO DE SODIO.



**VISTA:** PREPARACIÓN DEL LIQUIDO DE ENSAYO (AGUA DESTILADA Y CLORURO DE SODIO) Y HABILITACIÓN DEL TUBO IRRIGADOR.



**VISTA:** SELECCIÓN DE MUESTRA PARA ANÁLISIS Y HABILITACIÓN DE LOS CILINDROS GRADUADOS.



**VISTA:** INSERCIÓN DEL MATERIAL, AGITACIÓN DE LOS TUBOS GRADUADOS Y OBTENCIÓN DE MEDIDAS PARA LOS RESPECTIVOS CÁLCULOS.

### 3.11. ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES

Determinado el tipo de ensayo de acuerdo a la granulometría, se selecciona el material realizando el tamizado por las mallas de acuerdo al tipo de ensayo en este caso el “B”, selección de material por los tamices  $\frac{3}{4}$ ”,  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{3}{8}$ ”, los pesos retenido en las mallas de  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{3}{8}$ ” deben sumar 5000 gramos de acuerdo a la norma, se seleccionó las esferas en este caso 11 y se desmonto la máquina de los ángeles para insertar el material y las esferas para luego montarlo y realizar las revoluciones, se realizaron 500 revoluciones y se procedió al desmontaje del equipo para sacar el material ensayado, se tamizo el material por el tamiz N°12 todo lo retenido se pesó y se pasó a realizar los cálculos correspondientes, los procedimientos están basados en la MTC E 207, NTP 400.019.



**VISTA:** INSERCIÓN DEL MATERIAL SELECCIONADO A LA MAQUINA LOS ÁNGELES CON LAS ESFERAS PARA SU RESPECTIVA REVOLUCIONES.



**VISTA:** RETIRO DE LA MUESTRA ENSAYADA PARA EL SUCESIVO TAMIZADO Y PESADO.



## 4. ENSAYO PARA EL BITUMEN

### 4.1. ENSAYO DESTILACIÓN ASFÁLTICA - EMULSIÓN

Con la llegada de los tanques abastecidos de emulsión asfáltica se inicia el proceso del ensayo de destilación asfáltica, se realiza una toma de muestra de los tanques en pequeños baldes, seguidamente se direcciona al laboratorio para el ensayo, inicialmente se realiza el peso de tara del alambique para luego insertar la emulsión en el interior en un peso de 200 gr. Se ajusta la mordaza del alambique y se realiza el montaje, así como también el posicionamiento de los termómetro y los mecheros, seguidamente se ubica el refrigerante previamente instalado las mangueras de agua que van a ingresar en el refrigerante y realizar el trabajo de condensación, en la etapa final de la destilación, se coloca la probeta donde se almacenara la destilación y se encienden los mecheros, el cual el mechero habilitado para el alambique servirá para la evaporación y el mechero Bunsen servirá para la condensación en la etapa inicial del destilado, se verifica la temperatura y al llegar a los 260° se espera 15 minutos y se da por finalizado el ensayo, se realizan los pesajes y los sucesivos cálculos correspondientes, el presente ensayo se encuentra parametrizado según la MTC E 401 – ASTM D 6997.



**VISTA:** TOMA DE MUESTRA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA DE LOS TANQUES.



**VISTA:** PESAJE DE ALAMBIQUE Y INSERCIÓN DE LA EMULSIÓN PARA EL ENSAYO.



**VISTA:** INICIO DEL ENSAYO Y ALMACENAMIENTO DE DESTILACIÓN.



## 5. DISEÑO DE MEZCLA

### 5.1. MÉTODO DE ILLINOIS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO, EMULSIÓN - AGREGADO

Determinado todos los ensayos necesarios según normativa se procede a realizar este ensayo la cual va determinar el diseño de la capa conformante en este caso es la estabilización a nivel de base, inicialmente se selecciona el material, en ese caso se realizaron 15 diseños en 3 etapas de 5 cada etapa, para cada etapa comprendido en las fechas indicadas en los formatos, se seleccionó el material y se realizó el lavado asfáltico, para luego secarlo en el horno y obtener el material para el diseño, en estas etapas se plasmaron contenidos asfálticos de 0.3 a 4.5 % variando de 0.3 en 0.3 % por cada diseño, quedando los primeros 5 entre 0.3 a 1.5 % los que siguen entre 1.8 a 3 % y los 5 últimos entre 3.3 a 4.5 %, se tiene que tener en cuenta que estos porcentajes son residuos asfálticos, ya que estoy trabajando con emulsión asfáltica y está comprendida con 60 % de residuo asfáltico y 40% de agua, realizando cálculos el contenido de emulsión a trabajar para los 15 diseños se encuentra entre 0.5 a 7.5 % de emulsión asfáltica, seguidamente se realizó la mezcla insertando cada contenido de emulsión asfáltica para cada diseño, así como también el agua necesaria para poder llegar al óptimo en humedad según el ensayo del proctor, para cada diseño se fabricó 6 briquetas 3 para la determinación de la densidad bulk, estabilidad Marshall y flujo, estas briquetas se curan al aire 3 días para recién someterlas a prueba, las 3 siguientes se sumergen por 4 días para luego someterlas a prueba para la determinación de la estabilidad Marshall y flujo, tomados estos datos de las 6 briquetas sometidas a prueba se realizan los cálculos para determinación de valores, así como también se toma una parte de cada briqueta para el cálculo del porcentaje de vacíos y la humedad absorbida, realizados los ensayos para cada diseño y con la obtención de resultados, estos se arman en un cuadro y se realiza la elaboración de los gráficos donde nos indicara el óptimo contenido asfáltico para la determinación de un diseño óptimo en la cual la estabilidad Marshall,

flujo, porcentaje de vacíos, humedad absorbida y otras características del diseño estén parame trizados según normativa, los procedimientos están basados en el método de Illinois para el diseño de mezclas en frio emulsión – agregado, así como también basado en la MTC E 504 y esta a su vez con la ASTM – D6926 y ATM D 6927.



**VISTA:** SELECCIÓN DE MUESTRA Y ADICIÓN DEL PORCENTAJE DE EMULSIÓN.



**VISTA:** MEZCLADO DEL MATERIAL RECICLADO, EMULSIÓN ASFÁLTICA Y AGUA.



**VISTA:** HABILITACIÓN DE EQUIPOS DEL ENSAYO E INSERCIÓN DEL MATERIAL AL MOLDE UBICADO EN EL TABURETE SUJETADOR.



**VISTA:** FORMACIÓN DE MOLDES Y CHANCADO, 75 GOLPES POR CADA CARA CON EL MARTILLO MARSHALL.



**VISTA:** BRIQUETAS EN PROCESO DE CURADO PARA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD BULK Y ESTABILIDAD.



**VISTA:** OBTENCIÓN DE LAS BRIQUETAS LUEGO DEL CURADO PARA SER ANALIZADAS.



**VISTA:** BRIQUETAS DESPUÉS DE SER SUMERGIDAS E INICIO DE LOS PESAJES.



**VISTA:** PESAJE SUMERGIDO EN EL AGUA Y PESAJE SUMERGIDO SUPERFICIALMENTE SECA.



**VISTA:** BRIQUETAS ENSAYADAS EN LA PRENSA MARSHALL PARA LA OBTENCIÓN DE LA ESTABILIDAD Y EL FLUJO.



**VISTA:** HABILITACIÓN DE PARTES DE LAS BRIQUETAS ENSAYADAS PARA INSERTAR AL HORNO Y SECUENCIALMENTE LOS CÁLCULOS RESPECTIVOS.





## ANEXOS





# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**EXTRACCION CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS**  
MTC E 502 – ASTM D 2172

INVESTIGACION : "RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"  
 UBICACIÓN : KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE  
 DETALLE : PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO FECHA : 06/07/2018  
 UBICACIÓN : KM 13+800 AL KM 16+300 REALIZADO POR : J.P.J.P.H.  
 PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 0.15  
 MATERIAL : Base Reciclada

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL	=	2,565.1	g
<b>LAVADO ASFÁLTICO</b>			
PESO PARA LAVADO	=	2592.2	
PESO SECO	=	2565.1	
PESO ASFALTO	=	27.1	
% ASFALTO	=	1.0	
RESIDUO ASFÁLTICO	=	1.0	
% Humedad en Pista	=	1.76	
% Grava	=	61.9	%
% Arena	=	41.3	%
% Fino	=	6.8	%

**RESPONSABLES:**

  
Eder Fray Iribarren Villanueva  
Técnico Laboratorio

  
Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839



# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
*Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas*



<b>INVESTIGACION:</b>	<b>"RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"</b>
<b>UBICACION:</b>	KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE
<b>REALIZADO:</b>	BACH. JEAN POOL JESUS PAJUELO HUERTO
<b>DETALLE:</b>	PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO
<b>FECHA:</b>	06/07/2018

<b>PESO INICIAL:</b>	2565.10 Gr.	<b>% DE HUMEDAD :</b>	1.76%	<b>MUESTRA HUMEDA INICIAL:</b>	421.20 Gr.
<b>FRACCION:</b>	2565.10 Gr.			<b>MUESTRA SECA INICIAL:</b>	413.90 Gr.

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a:  <b>93.17%</b>  Observaciones :  Modulo de fineza (MF) 5.54 Límite líquido LL 15.69 Límite plástico LP NP Índice plasticidad IP NP Pasa tamiz Nº 4 (5mm): 48.09 % Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm): 6.83 % D60: 10.07 mm D30: 0.64 mm D10 (diámetro efectivo): 0.15 mm Coeficiente de uniformidad (Cu): 67.16 Grado de curvatura (Cc): 0.27
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.4	236.30	9.21	9.21	90.79	
3/4"	19.05	258.40	10.07	19.29	80.71	
1/2"	12.7	225.80	8.80	28.09	71.91	
3/8"	9.525	369.50	14.40	42.49	57.51	
1/4"	6.35	136.90	5.34	47.83	52.17	
No 4	4.76	104.70	4.08	51.91	48.09	
No 8	2.8	99.60	3.88	55.80	44.20	
No 10	2	56.20	2.19	57.99	42.01	
No 16	1.18	95.90	3.74	61.72	38.28	
No 20	0.85	105.70	4.12	65.85	34.15	
No 30	0.6	124.70	4.86	70.71	29.29	
No 40	0.425	131.60	5.13	75.84	24.16	
No 50	0.3	115.60	4.51	80.34	19.66	
No 60	0.25	107.40	4.19	84.53	15.47	
No 80	0.18	75.20	2.93	87.46	12.54	
No 100	0.15	65.10	2.54	90.00	10.00	
No 200	0.074	81.20	3.17	93.17	6.83	
CAZOLETA	0.000	175.3	6.83	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		<b>2565.1</b>	<b>100.00</b>			

Clasificación AAHSTO

**Material granular**

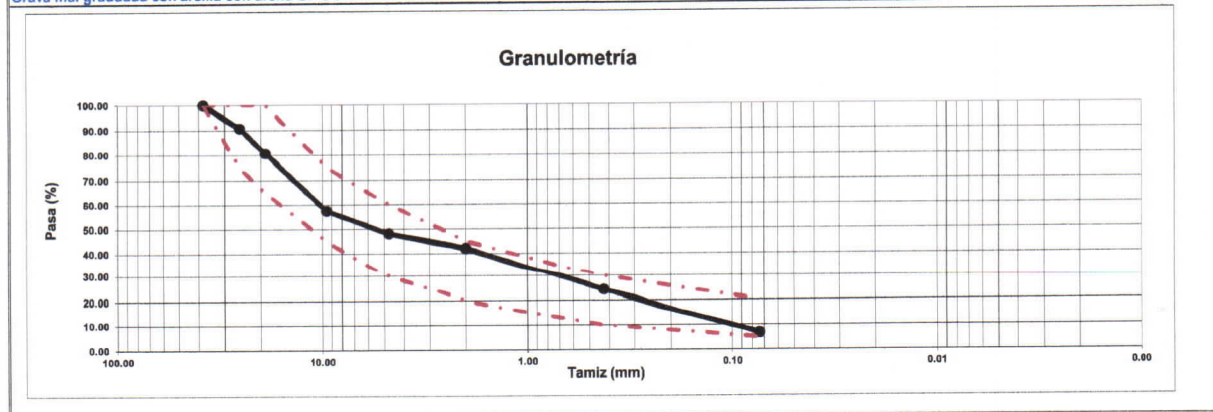
Excelente a bueno como subgrado

A-2-6 (0) Grava y arena arcillosa o limosa

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).

Grava mal graduada con arcilla con arena GP GC



Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono Nº 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco – Perú

[E-mail: eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)

[E-mail: eaparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eaparquitectura@udh.edu.pe)



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
*Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas*



INVESTIGACION:	"RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"				
UBICACION:	KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE				
REALIZADO:	BACH. JEAN POOL JESUS PAJUELO HUERTO				
MUESTRA:	KM 13+800 ALKM16+300	ESTRATOS:	E-1	NIV. FREATICO :	NP
DETALLE:	PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO				
FECHA:	06/07/2018				

**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

ESPESOR	ESTRATO	CLASIFICACION		SIMBOLO	DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO
		SUCS	AASHTO			
E-1	E-2	GP GC	A-2-6 (0)		Grava mal graduada con arcilla con arena	

Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono N° 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco – Perú

[E-mail: eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)  
[E-mail: eaparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eaparquitectura@udh.edu.pe)



<b>PROYECTO:</b>	<b>"RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"</b>				
<b>UBICACION:</b>	KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE				
<b>FECHA:</b>	06/07/2018				
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>AGREGADO FINO MTC E 205</b>					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	400	400	400	
B	Peso Frasco + agua	685	685	685	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1085.0	1085.0	1085.0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	928.4	928.1	928.5	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	156.6	156.9	156.5	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	392.2	395.1	393.6	
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	148.8	152.0	150.1	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.504	2.518	2.515	2.513
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.554	2.549	2.556	2.553
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.636	2.599	2.622	2.619
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.989	1.240	1.626	1.618
<b>AGREGADO GRUESO MTC E 206</b>					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	1077	1122	1101	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	659.4	689.5	675.4	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	417.6	432.5	425.6	
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	1069.2	1111.5	1091.4	
E	Vol. de masa = C - ( A - D ) (gr)	409.8	422	416	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.560	2.570	2.564	2.565
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.579	2.594	2.587	2.587
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.609	2.634	2.624	2.622
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.730	0.945	0.880	0.851



# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
*Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas*



<b>INVESTIGACION:</b>	<b>"RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"</b>			
<b>UBICACION:</b>	KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE			
<b>REALIZADO:</b>	BACH. JEAN POOL JESUS PAJUELO HUERTO			
<b>DETALLE:</b>	PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO			
<b>FECHA:</b>	06/07/2018			
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423</b>				
<b>N° DE GOLPES</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>25</b>
Suelo Húmedo + Tarro	21.77	17.54		
Suelo seco + Tarro	20.63	16.98		
Peso de Tarro	14.14	13.78		
Peso del Agua	1.14	0.56		
Peso de Suelo Seco	6.49	3.20		
<b>HUMEDAD %</b>	<b>17.57</b>	<b>17.50</b>	<b>17.53</b>	<b>15.69</b>
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>01</b>	<b>02</b>		
Suelo Húmedo + Tarro	NP			
Suelo seco + Tarro	NP			
Peso de Tarro	NP			
Peso del Agua	NP			
Peso de Suelo Seco	NP			
<b>HUMEDAD %</b>	NP			
<b>DETALLE</b>	<b>RESULTADOS</b>			
Límite líquido LL	15.69	%		
Límite plástico LP	NP	%		
Índice plasticidad IP	NP	%		
<b>CURVA DE FLUIDEZ</b>				
<p>The graph shows a fluidity curve on a semi-logarithmic scale. The y-axis represents Humedad (%) from 10 to 20. The x-axis represents No. de golpes from 1 to 100. Two data points are plotted: (10, 17.53) and (25, 15.69). A line connects these points, showing a decrease in moisture content as the number of blows increases.</p>				

Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono N° 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco – Perú

[E-mail: eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)  
[E-mail: eparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eparquitectura@udh.edu.pe)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas



<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO</b>						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA</b>						
<b>INVESTIGACION:</b>	<b>"RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"</b>					
<b>UBICACION:</b>	KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE					
<b>REALIZADO:</b>	BACH. JEAN POOL JESUS PAJUELO HUERTO					
<b>MUESTRA:</b>	KM 13+800 ALKM16+300					
<b>FECHA:</b>	06/07/2018					
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE</b>	gr.	10913.99	11116.92	11190.38	11212.00	11021.61
<b>PESO DEL MOLDE</b>	gr.	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00
<b>PESO MUESTRA HÚMEDA</b>	gr.	4773.99	4976.92	5050.38	5072.00	4881.61
<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	cm <sup>3</sup> .	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00
<b>PESO DE LA MUESTRA SECA</b>	gr	4570.96	4749.42	4813.02	4811.25	4607.80
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>	gr/c <sup>3</sup> .	2.23	2.32	2.35	2.36	2.28
<b>Nº DE TARA</b>		1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN</b>		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
<b>PESO MUEST. HÚMEDA + TARA</b>	gr.	535.45	518.60	510.47	513.63	487.58
<b>PESO MUESTRA SECA + TARA</b>	gr.	512.68	494.89	486.48	487.23	460.23
<b>PESO DE LA TARA</b>	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PESO DEL AGUA</b>	gr.	22.77	23.71	23.99	26.41	27.35
<b>PESO MUESTRA SECA</b>	gr.	512.68	494.89	486.48	487.23	460.23
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	%	4.44	4.79	4.93	5.42	5.94
<b>DENSIDAD SECA</b>	gr/c <sup>3</sup> .	2.13	2.21	2.24	2.24	2.15

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**

El gráfico muestra una curva parábola invertida que representa la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca del suelo. El eje horizontal (X) es el 'Contenido de Humedad %' que varía de 4.00 a 6.00. El eje vertical (Y) es la 'Densidad seca gr/cm³.' que varía de 2.12 a 2.28. La curva comienza a aproximadamente 4.4% de humedad y 2.13 gr/cm³, alcanza su punto máximo de 2.266 gr/cm³ a 5.2% de humedad, y termina a 6.0% de humedad y 2.15 gr/cm³. Un punto azul está marcado en la cima de la curva.

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.266 gr/cm <sup>3</sup> .
<b>Humedad Óptima:</b>	5.20 %
<b>Densidad Máxima húmeda:</b>	2.384 gr/cm <sup>3</sup> .

Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono Nº 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco – Perú

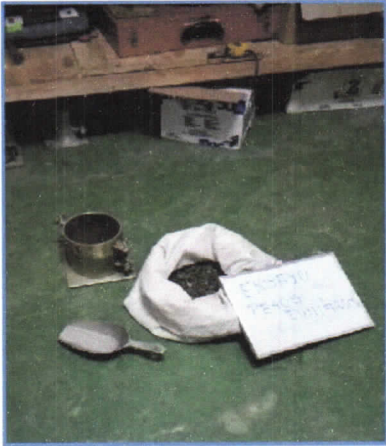
E-mail: [eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)  
E-mail: [eaparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eaparquitectura@udh.edu.pe)



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
*Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas*



<b>INVESTIGACION:</b>	<b>"RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"</b>				
<b>UBICACION:</b>	KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE				
<b>REALIZADO:</b>	BACH. JEAN POOL JESUS PAJUELO HUERTO				
<b>FECHA:</b>	06/07/2018				
<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO - NTP 400.017</b>					
<b>MUESTRA</b>	<b>Unid.</b>	<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>	<b>M - 3</b>	<b>M - 4</b>
Peso seco del agregado + recipiente	gr.	6412	6405	6312	6308
Peso del recipiente	gr.	2291	2291.00	2291.00	2291.00
Volumen de recipiente	cm <sup>3</sup> .	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	4121.00	4114.00	4021.00	4017.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m <sup>3</sup> .	1455.67	1453.20	1420.35	1418.93
<b>Peso Unitario seco</b>	<b>1437.04</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup>.</b>			
					

Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono N° 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco – Perú

[E-mail: eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)  
[E-mail: eaparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eaparquitectura@udh.edu.pe)





## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – E.A.P. ING. CIVIL  
Estudio y Ensayos en Suelos, Concreto y Rocas



<b>PROYECTO:</b>	<b>"RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"</b>				
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE</b>				
<b>PROPIETARIO:</b>	<b>BACH. JEAN POOL JESUS PAJUELO HUERTO</b>				
<b>FECHA:</b>	<b>06/07/2018</b>				
<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b> (NORMA AASHTO T-176)					
<b>REGISTRO MUESTRA</b>					<b>Promedio %</b>
<b>PROCEDENCIA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturación		10:40	10:42	10:44	
Hora de salida de saturación (mas 10')		10:50	10:52	10:54	
Hora de entrada a decantación		10:52	10:54	10:56	
Hora de salida de decantación (mas 20')		11:12	11:14	11:16	
Altura máxima de material fino	mm	5.10	5.20	5.10	
Altura máxima de la arena	mm	4.45	4.65	4.50	
Equivalente de Arena	%	87.25	89.42	88.24	88.3



Carretera Central Km. 9 – La Esperanza – Teléfono N° 062-518452/515151 – Anexo 212 – Fax 062-513154 Huánuco – Perú

[E-mail: eapingcivil@udh.edu.pe](mailto:eapingcivil@udh.edu.pe)

[E-mail: eaparquitectura@udh.edu.pe](mailto:eaparquitectura@udh.edu.pe)



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE
UBICACION:	KM 13+800 AL KM 16+800 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE
FECHA:	06/07/2018

## ENSAYO DE LOS ANGELES ASTM C-131 AASHTO T-96

TIPO DE ENSAYO : B

PESO ANTES DEL ENSAYO	5000.00	Gr.
PESO DESPUES DEL ENSAYO	3562.10	Gr.
DESGASTE LOS ANGELES	28.76%	%



  
Eder Fray Iribarren Villanueva  
Tecnico Laboratorista

  
Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**MTC E 401 ASTM D-244**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

INVESTIGACION : "RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE"  
 UBICACIÓN : KM 13+800 AL KM 16+300 - HUANUCO - TINGO MARIA - SANTA MARIA DEL VALLE  
 DETALLE : PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO FECHA : 06/07/2018  
 UBICACIÓN : KM 13+800 AL KM 16+300 REALIZADO POR : J.P.J.P.H  
 PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 0.15  
 MATERIAL : Base Reciclada

**DESTILACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA MTC E 401**

Nº de Ensayo	1	2
Peso Tara + Emulsión (gr.)	565.4	565.4
Peso Tara (gr.)	365.4	365.4
Peso Tara + Residuo (gr.)	486.0	486.6
Residuo por Destilación (%)	60.3	60.6
Promedio de Residuo por Destilación (%)	<b>60</b>	

OBSERVACIONES:

-----

-----

-----

-----

RESPONSABLES:

  
Eder Fray Iribarren Villanueva  
Técnico Laboratorio

  
Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION : " Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asphaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO : J.P.J.P.H.
FORMATO : DISEÑO N° 1	FECHA : 14/07/2018
UBICACIÓN : KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle	

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente			km		
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo			Agregado		
B Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)			2.565		
A Asfalto residual en mezcla	0.3	%	Emulsión Asphaltica (%)			0.5		
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla Total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca			12/07/2018		
Agua agregada	5.0	%	Fecha rotación muestra inmersa			12/07/2018		
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda			13/07/2018		
Fecha de compactación	12/07/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D	Peso en el aire		1172	1181	1179			
E	Peso en el agua		665	678	679			
F	Peso SSD		1177	1193	1189			
	Volumen de Parafina		5.55	13.32	11.10			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		506.25	501.68	498.90			
G	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.290	2.293	2.312			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/100)	2.265	2.270	2.288			
	Espesor		6.9	6.7	6.9	6.4	6.8	
	Estabilidad							
	Carga		165	162	164	40	41	
	Estabilidad ajustada		719.3	706.1	714.9	169.2	173.6	
	Flujo		8	8	9	9	9	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3} \times 100$	76.3					
<b>Contenido humedad</b>								
H	Peso muestra fallada (H)		467.9	473.5	453.3	715.5	496.3	
I	Peso muestra seca estufa (I)		462.9	468.8	448.6	661.6	459.5	
J	J Agua, g (H-I)		5	4.7	4.7	53.9	36.8	
K	Contenido humedad (K)		1.1	1.0	1.0	8.1	8.0	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+K_6/3$				7.1		
	VACIOS TOTALES		11.26	11.07	10.39			

  
 Eder Fray Irribarren Villanueva  
 Técnico Laboratorista

  
 Leonidas Villanueva Abal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 2	FECHA :	14/07/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente			Cantera		
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo			Agregado		
B Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)			2.565		
A Asfalto residual en mezcla	0.6	%	Emulsión Asfaltica (%)			1.0		
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca			12/07/2018		
Agua agregada	4.8	%	Fecha rotación muestra inmersa			12/07/2018		
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda			13/07/2018		
Fecha de compactación	12/07/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D	Peso en el aire		1188	1172	1176			
E	Peso en el agua		672	658	666			
F	Peso SSD		1191	1232	1186			
	Volumen de Parafina		3.33	66.59	11.10			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		515.57	507.57	509.40			
G	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.304	2.309	2.309			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/100)	2.283	2.282	2.285			
	Espesor		6.7	6.5	6.9	6.7	6.8	
<b>Estabilidad</b>								
	Carga		170	172	174	46	48	
	Estabilidad ajustada		741.3	750.1	758.9	195.6	204.4	
	Flujo		8	9	9	10	9	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3} \times 100$	73.7					
<b>Contenido humedad</b>								
H	Peso muestra fallada (H)		413.5	506.7	418.9	686.6	598.7	
I	Peso muestra seca estufa (I)		409.6	500.8	414.7	636.8	556.1	
J	J Agua, g (H-I)		3.9	5.9	4.2	49.8	42.6	
K	Contenido humedad (K)		1.0	1.2	1.0	7.8	7.7	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+K_6/3$				6.6		
— VACIOS TOTALES			10.18	10.19	10.06			

  
 Eder Fray Iribarren Villanueva  
 Técnico Laboratorista

  
 Leonidas Villanueva Abal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO :	DISEÑO N° 3	FECHA :	14/07/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

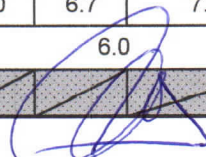
## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO				
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente			Cantera	
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo			Agregado	
B Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)			2.565	
A Asfalto residual en mezcla	0.9	%	Emulsión Asfaltica (%)			1.5	
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA				
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca			12/07/2018	
Agua agregada	4.6	%	Fecha rotación muestra inmersa			12/07/2018	
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda			13/07/2018	
Fecha de compactación	12/07/2018						
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida	
			1	2	3	4	5
<b>Densidad Bulk</b>							
D	Peso en el aire		1181	1177	1179		
E	Peso en el agua		664	661	663		
F	Peso SSD		1235	1245	1241		
	Volumen de Parafina		59.93	75.47	68.81		
	VOLUMEN DE BRIQUETA		511.57	508.53	508.79		
G	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.309	2.315	2.317		
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/100)	2.287	2.288	2.293		
	Espesor		6.7	6.9	6.9	6.5	6.6
<b>Estabilidad</b>							
	Carga		177	179	176	49	52
	Estabilidad ajustada		772.1	780.9	767.7	208.8	222.0
	Flujo		10	9	8	9	9
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3} \times 100$	72.1				
<b>Contenido humedad</b>							
H	Peso muestra fallada (H)		408.9	415.4	393.9	632.3	710.3
I	Peso muestra seca estufa (I)		405	410.6	389.8	591	665.7
J	J Agua, g (H-I)		3.9	4.8	4.1	41.3	44.6
K	Contenido humedad (K)		1.0	1.2	1.1	7.0	6.7
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+K_6/3$				6.0	
	VACIOS TOTALES		9.60	9.55	9.34		

  
**Eder Fray Iribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorista

181

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 4	FECHA :	21/07/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente			Cantera		
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo			Agregado		
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)			2.565		
A.- Asfalto residual en mezcla	1.2	%	Emulsión Asfaltica (%)			2.0		
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca			19/07/2018		
Agua agregada	4.4	%	Fecha rotación muestra inmersa			19/07/2018		
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda			20/07/2018		
Fecha de compactación	19/07/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	Peso en el aire		1191	1187	1183			
E.-	Peso en el agua		676	674	671			
F.-	Peso SSD		1201	1199	1200			
	Volumen de Parafina		11.10	13.32	18.87			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		513.70	511.28	510.13			
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.318	2.322	2.319			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.295	2.299	2.291			
	Espesor		6.5	6.8	6.7	6.8	6.6	
<b>Estabilidad</b>								
	Carga		182	183	185	62	60	
	Estabilidad ajustada		794.1	798.5	807.3	266.0	257.2	
	Flujo		9	9	10	9	10	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$					66.9	
<b>Contenido humedad</b>								
H.-	Peso muestra fallada (H)		532.8	533	426.8	653.3	626.5	
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		527.5	527.9	421.7	615.2	589.4	
J.-	J.- Agua, g (H-I)		5.3	5.1	5.1	38.1	37.1	
K.-	Contenido humedad (K)	(	1.0	1.0	1.2	6.2	6.3	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				5.4		
	VACIOS TOTALES		8.84	8.68	9.00			

  
**Eder Fray Tribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorio

182

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 5	FECHA :	21/07/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

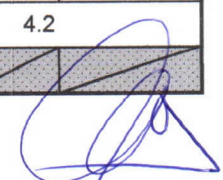
## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO				
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente	Cantera			
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo	Agregado			
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)	2.565			
A.- Asfalto residual en mezcla	1.5	%	Emulsión Asfaltica (%)	2.5			
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA				
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca	19/07/2018			
Agua agregada	4.2	%	Fecha rotación muestra inmersa	19/07/2018			
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda	20/07/2018			
Fecha de compactación	19/07/2018						
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida	
			1	2	3	4	5
<b>Densidad Bulk</b>							
D.-	<b>Peso en el aire</b>		1193	1194	1190		
E.-	<b>Peso en el agua</b>		677	679	677		
F.-	<b>Peso SSD</b>		1199	1205	1199		
	<b>Volumen de Parafina</b>		6.66	12.21	9.99		
	<b>VOLUMEN DE BRIQUETA</b>		515.14	513.59	511.81		
G.-	<b>BSG - muestra compacta</b>	D/F-E	2.316	2.325	2.325		
	<b>BSG seco - muestra compacta</b>	G/(1+K/10)	2.301	2.299	2.302		
	<b>Espesor</b>		6.9	6.6	6.8	6.7	6.8
<b>Estabilidad</b>							
	<b>Carga</b>		192	194	191	69	76
	<b>Estabilidad ajustada</b>		838.1	846.9	833.7	296.8	327.6
	<b>Flujo</b>		10	11	10	11	11
	<b>Perdida de Estabilidad, %</b>	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	61.9				
<b>Contenido humedad</b>							
H.-	<b>Peso muestra fallada (H)</b>		402.5	513.1	468.0	635.8	822.9
I.-	<b>Peso muestra seca estufa (I)</b>		399.9	507.5	463.4	605.65	782.5
J.-	<b>J.- Agua, g (H-I)</b>		2.6	5.6	4.6	30.15	40.4
K.-	<b>Contenido humedad (K)</b>		0.7	1.1	1.0	5.0	5.2
	<b>Humedad absorbida</b>	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				4.2	
	<b>VACIOS TOTALES</b>		8.21	8.27	8.16		

  
**Eder Fray Fribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorio

183

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839





# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 6	FECHA :	21/07/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO				
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente	Cantera			
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo	Agregado			
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)	2.565			
A.- Asfalto residual en mezcla	1.8	%	Emulsión Asfaltica (%)	3.0			
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA				
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca	19/07/2018			
Agua agregada	4.0	%	Fecha rotación muestra inmersa	19/07/2018			
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda	20/07/2018			
Fecha de compactación	19/07/2018						
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida	
			1	2	3	4	5
<b>Densidad Bulk</b>							
D.-	Peso en el aire		1199	1174	1178		
E.-	Peso en el agua		682	670	672		
F.-	Peso SSD		1209	1182	1188		
	Volumen de Parafina		11.10	8.88	11.10		
	VOLUMEN DE BRIQUETA		515.50	503.32	504.50		
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.326	2.333	2.335		
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.302	2.310	2.310		
	Espesor		6.6	6.9	6.9	6.7	6.8
<b>Estabilidad</b>							
	Carga		199	198	199	85	92
	Estabilidad ajustada		868.9	864.5	868.9	367.2	398.0
	Flujo		11	11	12	12	12
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	55.6				
<b>Contenido humedad</b>							
H.-	Peso muestra fallada (H)		508.12	479.39	449.32	511.67	533.36
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		502.97	474.75	444.42	486.86	505.96
J.-	J.- Agua, g (H-I)		5.15	4.64	4.9	24.81	27.4
K.-	Contenido humedad (K)		1.0	1.0	1.1	5.1	5.4
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				4.3	
	VACIOS TOTALES		7.74	7.44	7.45		

  
**Eder Fray Iribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorio

184

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839

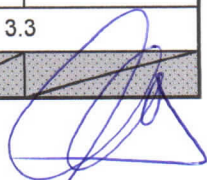
INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 7	FECHA :	28/07/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

### HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO				
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente			Cantera	
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo			Agregado	
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)			2.565	
A.- Asfalto residual en mezcla	2.1	%	Emulsión Asfaltica (%)			3.5	
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA				
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca			26/07/2018	
Agua agregada	3.8	%	Fecha rotación muestra inmersa			26/07/2018	
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda			27/07/2018	
Fecha de compactación	26/07/2018						
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida	
			1	2	3	4	5
<b>Densidad Bulk</b>							
D.-	Peso en el aire		1177	1169	1174		
E.-	Peso en el agua		672	667	670		
F.-	Peso SSD		1182	1179	1181		
	Volumen de Parafina		5.55	11.10	7.77		
	VOLUMEN DE BRIQUETA		504.85	500.50	502.83		
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.331	2.336	2.335		
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.307	2.312	2.314		
	Espesor		6.8	6.7	6.9	6.5	6.4
<b>Estabilidad</b>							
	Carga		201	205	206	100	108
	Estabilidad ajustada		877.7	895.3	899.7	433.2	468.4
	Flujo		13	13	13	14	14
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3)/3 - (L_4+L_5+L_6)/3}{L_1+L_2+L_3/3}$					48.1
<b>Contenido humedad</b>							
H.-	Peso muestra fallada (H)		476.85	476.05	465.8	472.65	466.82
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		471.93	471.15	461.7	452.89	448.22
J.-	J.- Agua, g (H-I)		4.92	4.9	4.1	19.76	18.6
K.-	Contenido humedad (K)		1.0	1.0	0.9	4.4	4.1
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				3.3	
	VACIOS TOTALES		7.13	6.96	6.86		

  
 Eder Fray Irribarren Villanueva  
 Técnico Laboratorio

  
 Leonidas Villanueva Abal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839

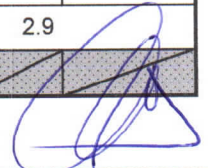
INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 8	FECHA :	28/07/2018
UBICACIÓN:	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

### HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO				
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente		Cantera		
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo		Agregado		
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)		2.565		
A.- Asfalto residual en mezcla	2.4	%	Emulsión Asfaltica (%)		4.0		
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA				
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca		26/07/2018		
Agua agregada	3.6	%	Fecha rotación muestra inmersa		26/07/2018		
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda		27/07/2018		
Fecha de compactación	26/07/2018						
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida	
			1	2	3	4	5
<b>Densidad Bulk</b>							
D.- Peso en el aire			1185	1182	1179		
E.- Peso en el agua			676	673	673		
F.- Peso SSD			1199	1191	1188		
Volumen de Parafina			15.54	9.99	9.99		
VOLUMEN DE BRIQUETA			507.01	508.11	504.76		
G.- BSG - muestra compacta	D/F-E		2.337	2.326	2.336		
BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)		2.312	2.303	2.313		
Espesor			6.6	6.5	6.7	6.9	6.4
<b>Estabilidad</b>							
Carga			198	199	201	113	116
Estabilidad ajustada			864.5	868.9	877.7	490.5	503.7
Flujo			15	15	16	17	16
Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$		42.6				
<b>Contenido humedad</b>							
H.- Peso muestra fallada (H)			447.74	405.65	578.39	500.96	510.39
I.- Peso muestra seca estufa (I)			442.83	401.55	572.69	482.31	490.91
J.- J.- Agua, g (H-I)			4.91	4.1	5.7	18.65	19.48
K.- Contenido humedad (K)			1.1	1.0	1.0	3.9	4.0
Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$						2.9
VACIOS TOTALES			6.55	6.91	6.51		

  
 Eder Fray Iribarren Villanueva  
 Técnico Laboratorio

  
 Leonidas Villanueva Abal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 9	FECHA :	28/07/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente	Cantera				
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo	Agregado				
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)	2.565				
A.- Asfalto residual en mezcla	2.7	%	Emulsión Asfaltica (%)	4.5				
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca	26/07/2018				
Agua agregada	3.4	%	Fecha rotación muestra inmersa	26/07/2018				
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda	27/07/2018				
Fecha de compactación	26/07/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	Peso en el aire		1186	1181	1174			
E.-	Peso en el agua		675	671	665			
F.-	Peso SSD		1201	1197	1186			
	Volumen de Parafina		16.65	17.76	13.32			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		509.14	508.03	507.54			
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.329	2.325	2.313			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.309	2.302	2.292			
	Espesor		6.3	6.5	6.4	6.8	6.5	
<b>Estabilidad</b>								
	Carga		197	196	194	110	112	
	Estabilidad ajustada		860.1	855.7	846.9	477.3	486.1	
	Flujo		18	18	16	19	20	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	43.1					
<b>Contenido humedad</b>								
H.-	Peso muestra fallada (H)		568.8	625.85	622.86	578.75	586.03	
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		563.7	619.83	617.26	559.75	566.45	
J.-	J.- Agua, g (H-I)		5.1	6.02	5.6	19	19.58	
K.-	Contenido humedad (K)		0.9	1.0	0.9	3.4	3.5	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				2.6		
	VACIOS TOTALES		6.27	6.53	6.93			

  
**Eder Fray Kribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorio

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 10	FECHA :	04/08/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

**HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN**

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente		Cantera			
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo		Agregado			
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)		2.565			
A.- Asfalto residual en mezcla	3	%	Emulsión Asfaltica (%)		5.0			
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca		02/08/2018			
Agua agregada	3.2	%	Fecha rotación muestra inmersa		02/08/2018			
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda		03/08/2018			
Fecha de compactación	02/08/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	Peso en el aire		1191	1185	1181			
E.-	Peso en el agua		669	675	667			
F.-	Peso SSD		1199	1205	1195			
	Volumen de Parafina		8.88	22.20	15.54			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		520.80	507.93	512.05			
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.287	2.333	2.306			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.264	2.311	2.281			
	Espesor		6.6	6.7	6.9	6.9	6.4	
<b>Estabilidad</b>								
	Carga		196	194	192	122	120	
	Estabilidad ajustada		855.7	846.9	838.1	530.1	521.3	
	Flujo		20	20	20	22	22	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	38.3					
<b>Contenido humedad</b>								
H.-	Peso muestra fallada (H)		720.75	732.38	721.75	480.95	497.16	
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		713.65	725.42	713.75	467.2	482.58	
J.-	J.- Agua, g (H-I)		7.1	6.96	8	13.75	14.58	
K.-	Contenido humedad (K)		1.0	1.0	1.1	2.9	3.0	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				2.0		
	VACIOS TOTALES		7.67	5.78	6.99			

  
**Eder Fray Iribarren Villanueva**  
 Tecnico Laboratorio

188

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

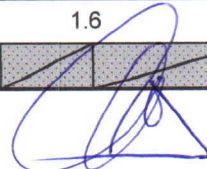
INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 11	FECHA :	04/08/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente	Cantera				
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo	Agregado				
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)	2.565				
A.- Asfalto residual en mezcla	3.3	%	Emulsión Asfaltica (%)	5.5				
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca	02/08/2018				
Agua agregada	3.0	%	Fecha rotación muestra inmersa	02/08/2018				
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda	03/08/2018				
Fecha de compactación	02/08/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	Peso en el aire		1169	1171	1178			
E.-	Peso en el agua		655	654	659			
F.-	Peso SSD		1171	1181	1181			
	Volumen de Parafina		2.22	11.10	3.33			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		513.48	516.10	518.37			
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.277	2.269	2.273			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.253	2.245	2.251			
	Espesor		6.6	6.7	6.8	6.6	6.7	
<b>Estabilidad</b>								
	Carga		195	194	193	124	125	
	Estabilidad ajustada		851.3	846.9	842.5	538.9	543.3	
	Flujo		22	24	21	24	20	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	35.9					
<b>Contenido humedad</b>								
H.-	Peso muestra fallada (H)		701.7	702.8	718.9	474.42	473.44	
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		694.4	695.5	712.1	461.84	461.76	
J.-	J.- Agua, g (H-I)		7.3	7.3	6.8	12.58	11.68	
K.-	Contenido humedad (K)		1.1	1.0	1.0	2.7	2.5	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				1.6		
	VACIOS TOTALES		7.74	8.05	7.83			

  
**Eder Fray Iribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorista


  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839

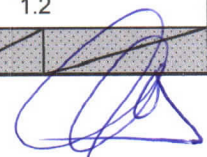
INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 12	FECHA :	04/08/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

### HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente	Cantera				
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo	Agregado				
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)	2.565				
A.- Asfalto residual en mezcla	3.6	%	Emulsión Asfaltica (%)	6.0				
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca	02/08/2018				
Agua agregada	2.8	%	Fecha rotación muestra inmersa	02/08/2018				
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda	03/08/2018				
Fecha de compactación	02/08/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	<b>Peso en el aire</b>		1193	1188	1189			
E.-	<b>Peso en el agua</b>		655	659	655			
F.-	<b>Peso SSD</b>		1216	1193	1194			
	<b>Volumen de Parafina</b>		25.53	5.55	5.55			
	<b>VOLUMEN DE BRIQUETA</b>		535.27	528.15	533.05			
G.-	<b>BSG - muestra compacta</b>	D/F-E	2.229	2.249	2.231			
	<b>BSG seco - muestra compacta</b>	G/(1+K/10)	2.207	2.227	2.208			
	<b>Espesor</b>		6.7	6.8	6.7	6.5	6.8	
<b>Estabilidad</b>								
	<b>Carga</b>		192	190	196	130	128	
	<b>Estabilidad ajustada</b>		838.1	829.3	855.7	565.3	556.5	
	<b>Flujo</b>		26	25	25	28	28	
	<b>Perdida de Estabilidad, %</b>	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	33.3					
<b>Contenido humedad</b>								
H.-	<b>Peso muestra fallada (H)</b>		717.26	728.9	710.1	376.35	390.85	
I.-	<b>Peso muestra seca estufa (I)</b>		710.3	721.6	703	368.39	383.18	
J.-	<b>J.- Agua, g (H-I)</b>		6.96	7.3	7.1	7.96	7.67	
K.-	<b>Contenido humedad (K)</b>		1.0	1.0	1.0	2.2	2.0	
	<b>Humedad absorbida</b>	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				1.2		
	<b>VACIOS TOTALES</b>		9.24	8.43	9.19			

  
**Eder Fray Izbarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorio

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

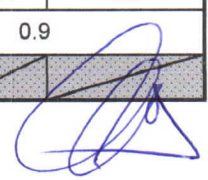
INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 13	FECHA :	11/08/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente			Cantera		
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo			Agregado		
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)			2.565		
A.- Asfalto residual en mezcla	3.9	%	Emulsión Asfaltica (%)			6.5		
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca			09/08/2018		
Agua agregada	2.6	%	Fecha rotación muestra inmersa			09/08/2018		
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda			10/08/2018		
Fecha de compactación	09/08/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	Peso en el aire		1187	1184	1191			
E.-	Peso en el agua		651	641	650			
F.-	Peso SSD		1204	1200	1201			
	Volumen de Parafina		18.87	17.76	11.10			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		534.57	541.03	540.40			
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.220	2.188	2.204			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.198	2.169	2.181			
	Espesor		6.4	6.5	6.4	6.5	6.7	
	Estabilidad							
	Carga		191	190	193	137	136	
	Estabilidad ajustada		833.7	829.3	842.5	596.1	591.7	
	Flujo		27	27	28	29	29	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	28.6					
	Contenido humedad							
H.-	Peso muestra fallada (H)		700.9	698.15	694.93	393.95	400.63	
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		693.8	691.95	687.63	386.75	393.55	
J.-	J.- Agua, g (H-I)		7.1	6.2	7.3	7.2	7.08	
K.-	Contenido humedad (K)		1.0	0.9	1.1	1.9	1.8	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				0.9		
	VACIOS TOTALES		9.24	10.44	9.95			

  
**Eder Fray Irribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorista

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



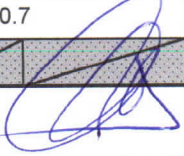
INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 14	FECHA :	11/08/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

### HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)

ASFALTO			AGREGADO					
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente		Cantera			
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo		Agregado			
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)		2.565			
A.- Asfalto residual en mezcla	4.2	%	Emulsión Asfaltica (%)		7.0			
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA					
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca		09/08/2018			
Agua agregada	2.4	%	Fecha rotación muestra inmersa		09/08/2018			
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda		10/08/2018			
Fecha de compactación	09/08/2018							
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida		
			1	2	3	4	5	6
<b>Densidad Bulk</b>								
D.-	Peso en el aire		1178	1179	1193			
E.-	Peso en el agua		642	638	645			
F.-	Peso SSD		1183	1187	1201			
	Volumen de Parafina		5.55	8.88	8.88			
	VOLUMEN DE BRIQUETA		535.30	539.67	546.91			
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.201	2.185	2.181			
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.181	2.163	2.159			
	Espesor		6.8	6.7	6.8	6.9	6.6	
<b>Estabilidad</b>								
	Carga		189	178	190	140	139	
	Estabilidad ajustada		824.9	776.5	829.3	609.3	604.9	
	Flujo		28	30	29	31	32	
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	25.0					
<b>Contenido humedad</b>								
H.-	Peso muestra fallada (H)		681.09	678.86	686.18	379.76	382.85	
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		675.09	672.06	679.18	373.58	375.8	
J.-	J.- Agua, g (H-I)		6	6.8	7	6.18	7.05	
K.-	Contenido humedad (K)		0.9	1.0	1.0	1.7	1.9	
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				0.7		
	VACIOS TOTALES		9.56	10.33	10.48			

  
 Eder Fray Iribarren Villanueva  
 Técnico Laboratorista

  
 Leonidas Villanueva Abal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INVESTIGACION	" Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"	REALIZADO :	J.P.J.P.H.
FORMATO:	DISEÑO N° 15	FECHA :	11/08/2018
UBICACIÓN :	KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle		

## HOJA DE DATOS PARA MEZCLAS CON EMULSIÓN

(USAR PARA MUESTRAS CON UN SOLO CONTENIDO ASFALTO RESIDUAL)


ASFALTO			AGREGADO				
Tipo y grado	CSS - 1h		Identif. Fuente	Cantera			
Asfalto en emulsión	60	%	Tipo	Agregado			
B.- Grav. Esp. Asfalto	1.000		Grav. Esp. Bulk (C)	2.565			
A.- Asfalto residual en mezcla	4.5	%	Emulsión Asfaltica (%)	7.5			
MEZCLA Y COMPACTACIÓN			PRUEBA				
Agua de la mezcla total	5.2	%	Fecha ensayo muestra seca	09/08/2018			
Agua agregada	2.2	%	Fecha rotación muestra inmersa	09/08/2018			
Agua al compactar	5.2	%	Fecha ensayo muestra húmeda	10/08/2018			
Fecha de compactación	09/08/2018						
DATOS MUESTRA COMPACTADA			Seca			Humedecida	
			1	2	3	4	5
<b>Densidad Bulk</b>							
D.-	Peso en el aire		1175	1179	1186		
E.-	Peso en el agua		631	634	644		
F.-	Peso SSD		1186	1194	1199		
	Volumen de Parafina		12.21	16.65	14.43		
	VOLUMEN DE BRIQUETA		542.58	543.45	540.17		
G.-	BSG - muestra compacta	D/F-E	2.166	2.169	2.196		
	BSG seco - muestra compacta	G/(1+K/10)	2.153	2.151	2.175		
	Espesor		6.5	6.4	6.6	6.4	6.4
<b>Estabilidad</b>							
	Carga		178	179	181	141	142
	Estabilidad ajustada		776.5	780.9	789.7	613.7	618.1
	Flujo		30	32	32	34	34
	Perdida de Estabilidad, %	$\frac{(L_1+L_2+L_3/3)-(L_4+L_5+L_6/3)}{L_1+L_2+L_3/3}$	20.8				
<b>Contenido humedad</b>							
H.-	Peso muestra fallada (H)		591.26	592.8	604.49	389.28	395.45
I.-	Peso muestra seca estufa (I)		587.96	587.8	598.69	383.18	390.78
J.-	J.- Agua, g (H-I)		3.3	5	5.8	6.1	4.67
K.-	Contenido humedad (K)		0.6	0.9	1.0	1.6	1.2
	Humedad absorbida	$K_1+K_2+K_3/3-K_4+K_5+$				0.6	
	VACIOS TOTALES		10.36	10.45	9.47		

  
**Eder Fray Iribarren Villanueva**  
 Tecnico Laboratorista

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839

CUADRO DE PROMEDIOS - RESULTADOS DEL DISEÑO

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
ASFALTO RESIDUAL (%)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
DENSIDAD	2.275	2.283	2.289	2.295	2.301	2.307	2.311	2.309	2.301	2.285	2.250	2.214	2.183	2.168	2.160
ESTABILIDAD SECA (Lb)	713.4	750.1	773.6	800.0	839.6	867.5	890.9	870.4	854.3	846.9	846.9	841.1	835.2	810.3	782.4
FLUJO (0.01 Pulg.)	8.3	8.7	9.0	9.3	10.3	11.3	13.0	15.3	17.3	20.0	22.3	25.3	27.3	29.0	31.3
VACIOS TOTALES (%)	10.9	10.1	9.5	8.8	8.2	7.5	7.0	6.7	6.6	6.8	7.9	9.0	9.9	10.1	10.1
ESTABILIDAD HUMEDA (Lb)	169.2	197.1	216.1	264.5	320.3	384.8	462.6	499.3	486.1	522.7	543.3	560.9	596.1	607.8	619.5
HUMEDAD ABSORVIDA (%)	7.1	6.6	6.0	5.4	4.2	4.3	3.3	2.9	2.6	2.0	1.6	1.2	0.9	0.7	0.6
AGUA AGREGADA (%)	5	4.8	4.6	4.4	4.2	4	3.8	3.6	3.4	3.2	3	2.8	2.6	2.4	2.2
CAMBIOS DE ESTABILIDAD(%)	76.3	73.7	72.1	66.9	61.9	55.6	48.1	42.6	43.1	38.3	35.9	33.3	28.6	25.0	20.8

  
 Eder Fray Imbarren Villanueva  
 Técnico Laborabvstia

  
 Leonidas Villanueva Abal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

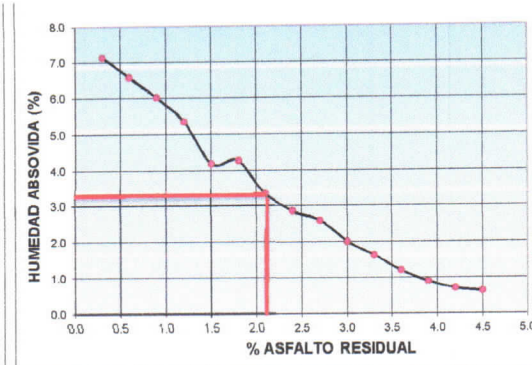
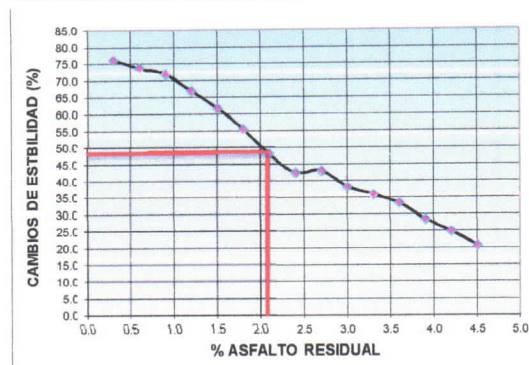
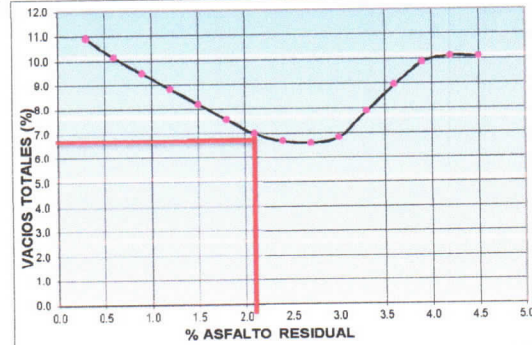
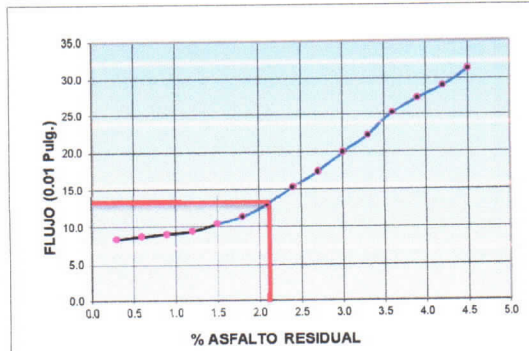
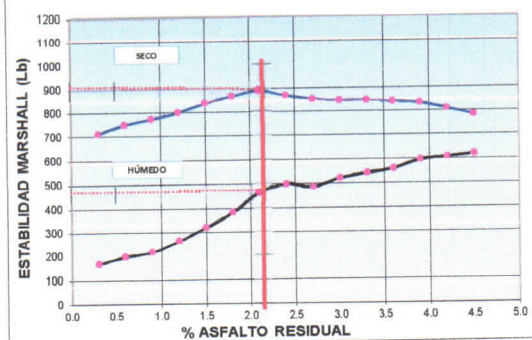
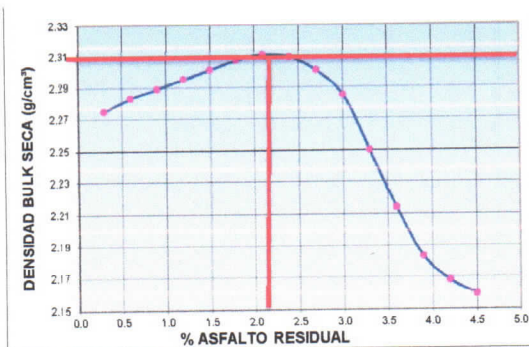
**INVESTIGACION : "Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion Con Emulsion Asphaltica Para La Estabilizacion a Nivel De Base"**

FORMATO Diagrama de Diseños

REALIZADO : J.P.J.P.H.

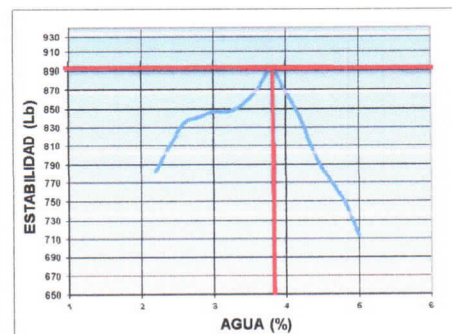
UBICACIÓN : KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle

FECHA : 11/08/2018



% ASFALTO RESIDUAL: 2.1 EMULSIÓN ASFALTICA	<b>3.50%</b>
% DE AGUA PARA RECUBRIMIENTO	<b>3.80%</b>
% CONTENIDO DE AGUA PARA COMPACTACIÓN (2% a 6%)	<b>5.20%</b>
TEMPERATURA AMBIENTE	22.5 °C
N° DE GOLPES	75
% CEMENTO ASFALTICO RESIDUAL (EN PESO DE LOS AGREGADOS)	2.1
DENSIDAD SECA (g/cm³)	<b>2.311</b>
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (Lb)	891
ESTABILIDAD MODIFICADA HÚMEDA (Lb)	463
FLUJO (0.01 pulg.)	13
VACIOS TOTALES (%)	<b>7.00</b>
HUMEDAD ABSORVIDA (%)	3.3
TEMPERATURA DE MEZCLA (°C)	24°C

CONTENIDO OPTIMO PARA COMPACTACIÓN (%)



**Eder Fray Iribarren Villanueva**  
 Técnico Laboratorista

**Leonidas Villanueva ADP**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839



# INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y  
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

## LABORATORIO DE MATERIALES INFORME FINAL DE DISEÑO BASE ESTABILIZADA

ESTUDIO : " Reciclado De Pavimento Flexible y Dosificacion de Emulsion Asfaltica Para la Estabilizacion a Nivel De Base"

FORMATO RESULTADOS DE DISEÑO

REALIZADO : J.P.J.P.H.

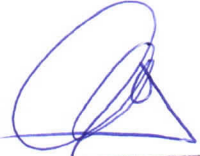
UBICACIÓN : KM 13+800 AL KM 16+300 - Huanuco-Tingo Maria-Santa Maria del Valle

FECHA : 11/08/2018

### RESULTADO DEL DISEÑO METODO ILLINOIS INSTITUTO DEL ASFALTO

	Resultados	Unidad	Criterio para determinación del diseño optimo - Normativa
No de Golpes en Cada Extremo del Especimen			75
P.U.S.Seco	1437	Kg/m <sup>3</sup>	-
Residuo Asfáltico Optimo	2.10	%	-
Emulsión BP-C.S.S -1h	3.50	%	-
Agua en Mezcla	5.2	%	-
Agua en Compactación	5.2	%	-
Estabilidad A 22.2°C seca	890.9	Lbs	Mín. 750
Estabilidad A 22.2°C Humedad	463	Lbs	Mín. 410
Absorción de agua	3.3	%	Máx. 4
Flujo 0,01"	13.0	Plg.	8 a 18
Perdida de Estabilidad después de 48 Hrs. de Inmersión	48	%	Máx. 50 %
Vacios	7.00	%	2 a 8
Peso Bulk Seco	2.311	g/cc	-


  
Eder Fray Inbarren Villanueva  
Técnico Laboratorista


  
Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839

## HUMEDAD ILLINOIS

testigos por inmersión	4		5		6		7		8		9															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
PSOT+ SUELO HUM.	864.6	676.6	686.7	793.9	787.5	739.2	750.8	804.4	771.6	757.6	722.3	642.9	729.8	937.2	704.2	623.21	645.8	601.4	598.3	594.14	599.8	622.8	641.8	639.2	701.4	705.9
PSO T DE SULO SECO	810.7	639.8	641.5	744.1	744.9	695.8	709.5	759.8	725.4	719.5	685.2	608.4	695.3	895.6	671.2	598.4	618.4	576.5	578.54	575.54	579.8	604.15	622.32	619.98	682.4	686.32
AGUA	53.9	36.8	45.2	49.8	42.6	43.4	41.3	44.6	46.2	38.1	37.1	34.51	34.5	41.6	33	24.81	27.4	24.9	19.76	18.6	20	18.65	19.48	19.22	19	19.58
PESO DE TARRO	149.1	180.3	104.1	107.3	188.8	112	118.5	94.1	111.1	104.3	95.8	100.2	94	114.3	105.2	111.54	112.44	115.7	125.65	127.32	131.1	121.84	131.41	120.14	122.65	119.87
PESO SUELO	661.6	459.5	537.4	636.8	556.1	583.8	591	665.7	614.3	615.2	589.4	508.2	601.3	781.3	566	486.86	505.96	460.8	452.89	448.22	448.66	482.31	490.91	499.84	559.75	566.45
% HUMEDAD	8.1	8.0	8.4	7.8	7.7	7.4	7.0	6.7	7.5	6.2	6.3	6.8	5.7	5.3	5.8	5.1	5.4	5.4	4.4	4.1	4.5	3.9	4.0	3.8	3.4	3.5
	8.19			7.64			7.07			6.43			5.63			5.31			4.32			3.89			3.53	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2


testigos en seco	4		5		6		7		8		9															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
PSOT+ SUELO HUM.	559.5	561.5	553.5	553.2	520.8	521.2	552.1	502.1	544.1	625.8	633.2	536.9	511.7	605.8	566.1	623.36	605.84	574.8	602.32	599.7	588.2	574.21	535.3	732.6	721.4	725.32
PSO T DE SULO SECO	554.5	556.8	548.8	549.3	514.9	517	545.2	497.3	540	620.5	628.1	531.8	507.5	600.2	561.5	618.21	601.2	569.9	597.4	594.8	584.1	569.3	531.2	726.9	716.3	719.3
AGUA	5	4.7	4.7	3.9	5.9	4.2	3.9	4.8	4.1	5.3	5.1	5.1	4.2	5.6	4.6	5.15	4.64	4.9	4.923	4.9	4.1	4.91	4.1	5.7	5.1	6.02
PESO DE TARRO	91.6	88	100.2	139.7	14.1	102.3	143.2	86.7	150.2	93	100.2	110.1	109.2	92.7	98.1	115.24	126.45	125.48	125.47	123.65	122.4	126.47	129.65	154.21	152.6	99.5
PESO SUELO	462.9	468.8	448.6	409.6	500.8	414.7	405	410.6	389.8	527.5	527.9	421.7	398.3	507.5	463.4	502.97	474.75	444.42	471.93	471.15	461.7	442.83	401.55	572.69	563.7	619.83
% HUMEDAD	1.1	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9	1.1	1.0	1.0	0.9	1.0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2


  
 Leonidas Villanueva Abal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839

  
 Eder Fraymbarren Villanueva  
 Técnico Laboratorio

699.2	612.4	629.9	634.4	614.7	616.8	501.84	505.8	506.32	611.4	512.4	522.4	532.2	498.5	499.5	501.4	505.6	520.0	531.2
678.54	598.65	615.32	619.45	602.12	605.12	492.12	497.84	498.65	599.32	505.2	515.32	524.12	492.32	492.45	495.65	499.5	515.32	525.32
20.66	13.75	14.58	14.95	12.58	11.68	9.72	7.96	7.67	12.08	7.2	7.08	8.08	6.18	7.05	5.75	6.1	4.67	5.88
125.45	131.45	132.74	141.87	140.28	143.36	128.65	129.45	115.47	110.47	118.45	121.77	120.15	118.74	116.65	115.47	116.32	124.54	123.14
553.09	467.2	482.58	477.58	461.84	461.76	363.47	368.39	383.18	488.85	386.75	393.55	403.97	373.58	375.8	380.18	383.18	390.78	402.18
3.7	2.9	3.0	3.1	2.7	2.5	2.7	2.2	2.0	2.5	1.9	1.8	2.0	1.7	1.9	1.5	1.6	1.2	1.5
		3.03		2.64		2.21					1.89			1.68			1.42	
			10		11			12			13			14				15

715.4	812.2	822.36	815.4	801.4	801.4	816.3	812.56	823.6	801.9	802.4	803.6	804.7	792.5	791.4	793.5	701.4	702.5	709.9
709.8	805.1	815.4	807.4	794.1	794.1	809.5	805.6	816.3	794.8	795.3	797.4	797.4	786.5	784.6	786.5	696.1	697.5	704.1
5.6	7.1	6.96	8	7.3	7.3	6.8	6.96	7.3	7.1	7.1	6.2	7.3	6	6.8	7	5.3	5	5.8
92.5	91.454	89.98	93.7	99.7	98.6	97.4	95.3	94.7	91.8	101.5	105.45	109.77	111.41	112.54	107.32	110.14	109.7	105.41
617.26	713.646	725.42	713.75	694.4	695.5	712.1	710.3	721.6	703	693.8	691.95	687.63	675.09	672.06	679.18	585.96	587.8	598.69
0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.1	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0
			10		11			12			13			14				15

  
**Eder Fray Imbarren Villanueva**  
 INGENIERO CIVIL

  
**Leonidas Villanueva Abal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 78839

## CALCULOS DE TASAS Y DOSIFICACION

### DATOS POR M2

Peso unitario(Kg/m3)	1437
Porcentaje de esponjami	1.2
Largo(m)	1
Ancho(m)	1
Espesor(m)	0.15
Factor(kg/m3)	1724
Total KG/M2	259

Residuo	% Resid	% EA	Materiales	CALCULOS												
				Humedad		EA(lt/m2)		%Agua en EA(%)		Agua de EA(lt/m2)		%de agua a incrementar		Agua(lt/m2)		Proporcion (EA:Agua)
0.5%	60%	0.8%	Humedad	5.12	4.00	3.55	2.65	1.97	1.75							
			EA(lt/m2)	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16							
			%Agua en EA(%)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33							
			Agua de EA(lt/m2)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86							
			%de agua a incrementar	4.79	3.67	3.22	2.32	1.64	1.42							
			Agua(lt/m2)	12.39	9.49	8.33	6.00	4.24	3.67							
			Proporcion (EA:Agua)	1	6	1	4.4	1	4	1	3	1	2	1	1.7	
0.6%	60%	1.0%	Humedad	5.03	3.90	3.45	2.55	1.88	1.65							
			EA(lt/m2)	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59							
			%Agua en EA(%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40							
			Agua de EA(lt/m2)	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03							
			%de agua a incrementar	4.63	3.50	3.05	2.15	1.48	1.25							
			Agua(lt/m2)	11.98	9.05	7.89	5.56	3.83	3.23							
			Proporcion (EA:Agua)	1	5	1	3.5	1	3	1	2	1	1	1	1.3	
0.7%	60%	1.2%	Humedad	4.93	3.80	3.35	2.45	1.78	1.55							
			EA(lt/m2)	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02							
			%Agua en EA(%)	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47							
			Agua de EA(lt/m2)	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21							
			%de agua a incrementar	4.46	3.33	2.88	1.98	1.31	1.08							
			Agua(lt/m2)	11.54	8.61	7.45	5.12	3.39	2.79							
			Proporcion (EA:Agua)	1	4	1	2.85	1	2	1	2	1	1	1	0.9	



0.8%	60%	1.3%	Humedad	4.82	3.70	3.25	2.35	1.67	1.45
			EA(It/m2)	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45
			%Agua en EA(%)	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
			Agua de EA(It/m2)	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
			%de agua a incrementar	4.29	3.17	2.72	1.82	1.14	0.92
			Agua(It/m2)	11.10	8.20	7.04	4.71	2.95	2.38
			Proporcion (EA:Agua)	1   3	1   2.38	1   2	1   1	1   1	1   0.7
0.9%	60%	1.5%	Humedad	4.73	3.60	3.15	2.25	1.58	1.35
			EA(It/m2)	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88
			%Agua en EA(%)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
			Agua de EA(It/m2)	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
			%de agua a incrementar	4.13	3.00	2.55	1.65	0.98	0.75
			Agua(It/m2)	10.68	7.76	6.60	4.27	2.53	1.94
			Proporcion (EA:Agua)	1   3	1   2	1   2	1   1	1   1	1   0.5
1.0%	60%	1.7%	Humedad	4.63	3.50	3.05	2.15	1.48	1.25
			EA(It/m2)	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31
			%Agua en EA(%)	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
			Agua de EA(It/m2)	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
			%de agua a incrementar	3.96	2.83	2.38	1.48	0.81	0.58
			Agua(It/m2)	10.24	7.32	6.16	3.83	2.10	1.50
			Proporcion (EA:Agua)	1   2	1   1.7	1   1	1   1	1   0	1   0.3



RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.- Análisis:

Para elemento estructural	Nº BRIQUETA	Fecha de moldeo - inicio de curado	Fecha de prueba - despues de curado	Propiedades Físicas de la Briqueta									Días	CARGA	ESTABILIDAD AJUSTADA - SECA(Lb)	FACTOR DE ANALISIS	
				Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Diame. Prome.	Área	Altura	FACTORES DE ANILLO						CONTENIDO ASFALTICO
				D1 (cm)	D2 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	cm²	L (cm)	m	b					%
BASE ESTABILIZADA - RECICLADO - EMULSION ASFALTICA	B - 01	09/07/2018	12/07/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	0.3	3	163.67	713.4	ESTABILIDAD
	B - 02	09/07/2018	12/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.16	10.15	80.95	6.70	4.40	-6.848	0.6	3	172.00	750.1	
	B - 03	09/07/2018	12/07/2018	10.17	10.17	10.16	10.17	10.17	81.19	6.80	4.40	-6.848	0.9	3	177.33	773.6	
B - 04	16/07/2018	19/07/2018	10.13	10.13	10.14	10.13	10.13	80.63	6.70	4.40	-6.848	1.2	3	183.33	800.0		
B - 05	16/07/2018	19/07/2018	10.16	10.16	10.15	10.16	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	1.5	3	192.33	839.6		
B - 06	16/07/2018	19/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	80.91	6.80	4.40	-6.848	1.8	3	198.67	867.5		
B - 07	23/07/2018	26/07/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	2.1	3	204.00	890.9		
B - 08	23/07/2018	26/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	80.91	6.60	4.40	-6.848	2.4	3	199.33	870.4		
B - 09	23/07/2018	26/07/2018	10.15	10.15	10.14	10.15	10.15	80.87	6.40	4.40	-6.848	2.7	3	195.67	854.3		
B - 10	30/07/2018	02/08/2018	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	80.60	6.70	4.40	-6.848	3.0	3	194.00	846.9		
B - 11	30/07/2018	02/08/2018	10.14	10.14	10.15	10.14	10.14	80.79	6.70	4.40	-6.848	3.3	3	194.00	846.9		
B - 12	30/07/2018	02/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.70	4.40	-6.848	3.6	3	192.67	841.1		
B - 13	06/08/2018	09/08/2018	10.15	10.15	10.16	10.14	10.15	80.91	6.40	4.40	-6.848	3.9	3	191.33	835.2		
B - 14	06/08/2018	09/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	4.2	3	185.67	810.3		
B - 15	06/08/2018	09/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	81.07	6.50	4.40	-6.848	4.5	3	179.33	782.4		



RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.1.- CÁLCULO DE LA MEDIA, MEDIANA, MODA, VARIANZA, DESVIACIÓN ESTANDAR, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, PEARSON Y LA TABLA DE FRECUENCIAS

CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Número de Muestras, (n)	15 unid
Rango, (R) (Lb max - Lb min)	177.50 Lb
Número de Intervalos, (K)	4.91
K redondeado	5
Amplitud, (A)	35.50 Lb
Fórmulas:	
$K = \frac{R}{A}$	$K = 1 + 3.322 * \log(n)$
$A = \frac{R}{K}$	

MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, ( $\bar{X}$ )	818.75 Lb
Mediana, (Me)	828.81 Lb
Moda, (Mo)	840.22 Lb

Varianza, ( $\sigma^2$ )	1826.02
Desviación Estandar, ( $\sigma$ )	42.73 Lb
Coeficiente de Variación, (C.V.)	5.22 %
Coeficiente de Pearson, (A.S.)	-0.7063

Distribución asimétrica negativa, sesgada hacia la izquierda  $\bar{X} < Me < Mo$

FÓRMULAS

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}$$

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

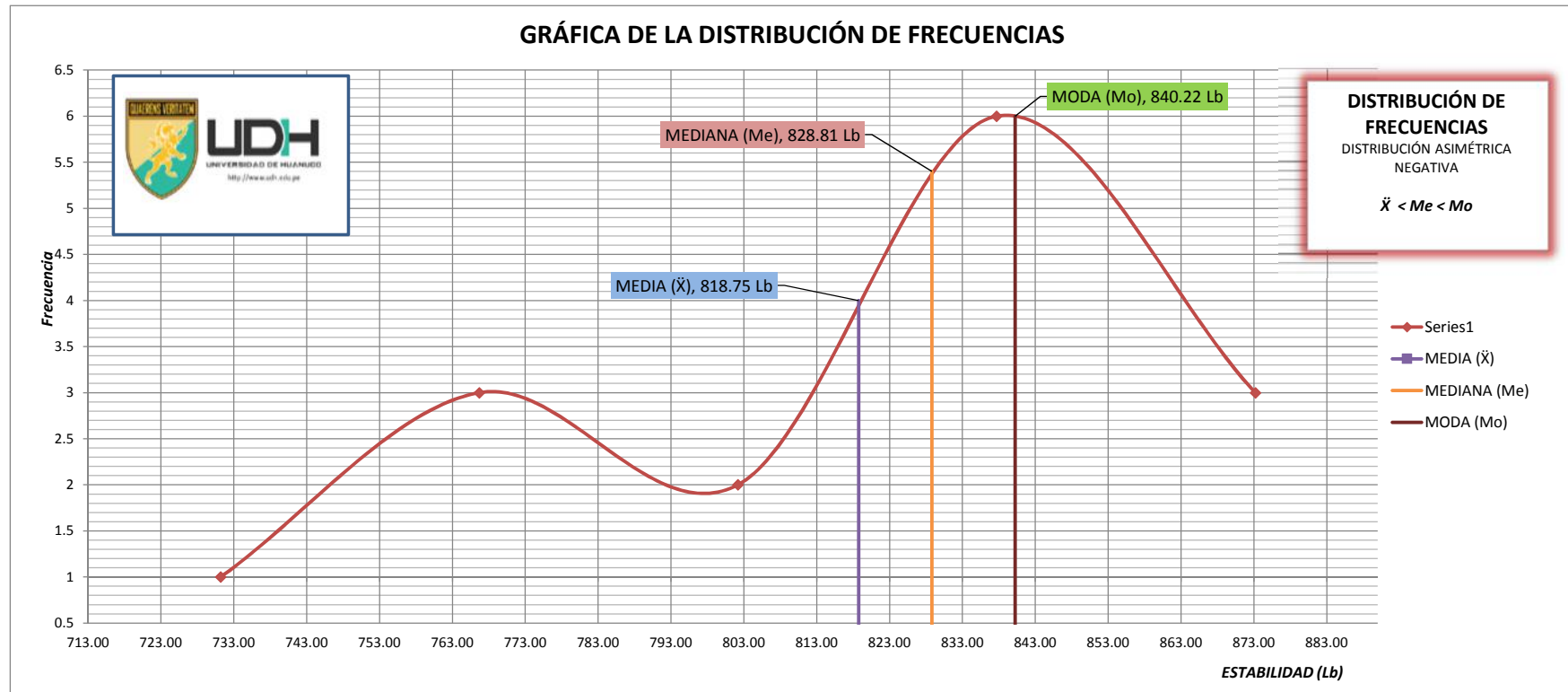
K	ANCHO DE CLASE		$x_i$	$f_i$	$f_r$	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[ 713.43	748.93 >	731.18	1	0.0667	1	731.18	7668.06
2	[ 748.93	784.43 >	766.68	3	0.2000	4	2300.05	8132.88
3	[ 784.43	819.93 >	802.18	2	0.1333	6	1604.37	548.88
4	[ 819.93	855.43 >	837.68	6	0.4000	12	5026.11	2151.05
5	[ 855.43	890.94 ]	873.18	3	0.2000	15	2619.55	8889.48
$\Sigma =$				<b>15</b>	<b>1</b>		<b>12281.26</b>	<b>27390.35</b>

Leyenda:

- $n$  = Tamaño de la Muestra
- $K$  = Nº Intervalos
- $L_i$  = Límite Inferior
- $L_s$  = Límite Superior
- $x_i$  = Marca de Clase
- $f_i$  = Frecuencia Absoluta
- $f_r$  = Relativa
- $F$  = Frecuencia Absoluta Acumulada

RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.2- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS





RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.3- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Nº BRIQUETA	ESTABILIDAD AJUSTADA - SECA(Lb)		DISTRIBUCIÓN NORMAL
B - 01	1	713.43	0.000441
B - 02	2	750.11	0.002545
B - 03	3	773.58	0.005306
B - 15	4	782.38	0.006467
B - 04	5	799.98	0.008456
B - 14	6	810.25	0.009143
B - 13	7	835.19	0.008690
B - 05	8	839.59	0.008313
B - 12	9	841.06	0.008172
B - 10	10	846.93	0.007541
B - 10	11	846.93	0.007541
B - 09	12	854.26	0.006642
B - 06	13	867.46	0.004907
B - 08	14	870.40	0.004529
B - 07	15	890.94	0.002263

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	15	
NIVEL DE CONFIANZA (1-α)	95 %	
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	5 %	
ZONA DE RECHAZO	α/2	2.5 %
	Z+ CRÍTICO ( 2.5 % )	<b>1.96</b>
	Z- CRÍTICO ( 2.5 % )	<b>-1.96</b>
MARGEN DE ERROR	21.62 Lb	
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	840.62 Lb
	LÍMITE INFERIOR	797.38 Lb
<b>797.38 Lb ≤ μ ≤ 840.62 Lb</b>		
<b>INTERPRETACIÓN:</b>		
<b>Se está un 95% seguro de que la Estabilidad Promedio (Lb) de los 15 diseños (briquetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 797.38 Lb a 840.62 Lb.</b>		

FÓRMULAS

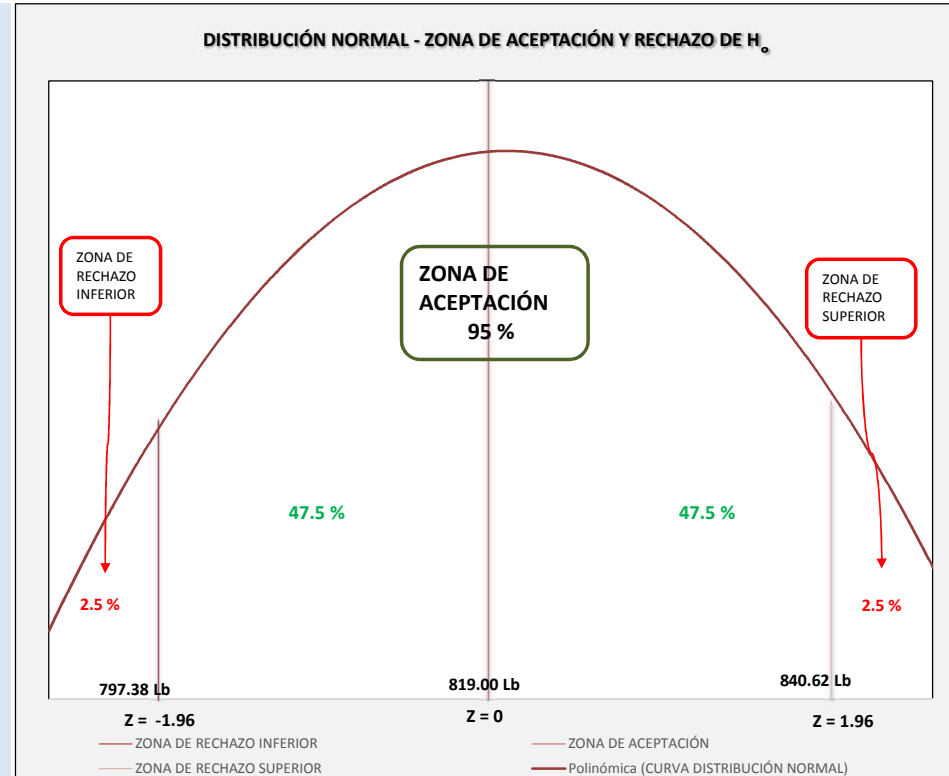
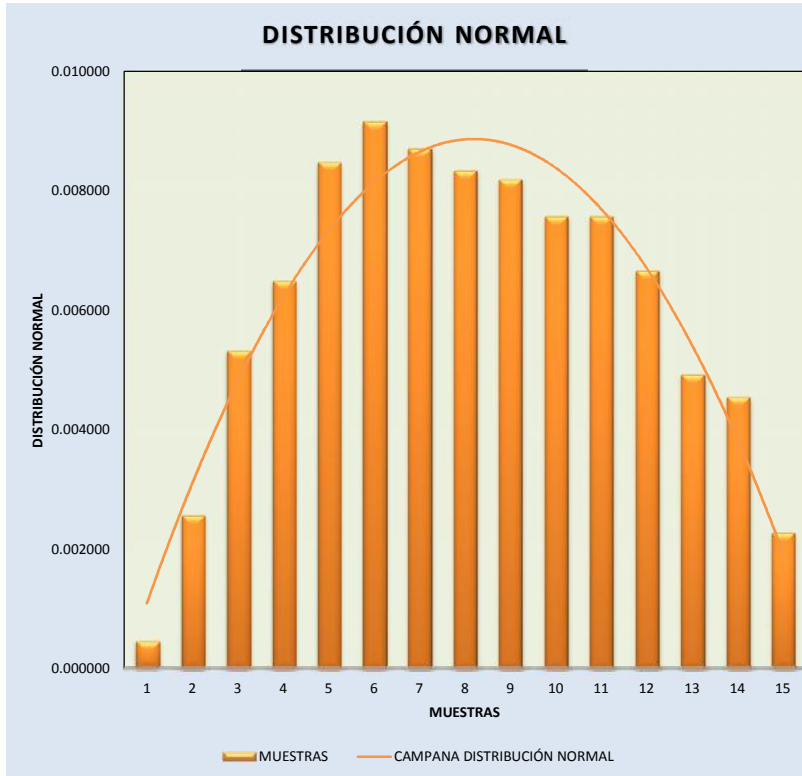
= 1 - 95 %

\* √

=  $\bar{X} \pm . * \sqrt{\quad}$

RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.4- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Estabilidad seca, promedio muestral (Media, $\bar{X}$ )	819 Lb
Desviación estandar,	42.73 Lb
Estabilidad característico a la estabilidad de la base (poblacional)	776 Lb
Dispersión ( Coeficiente de variación, C.V. )	5.22 %
Porcentaje en estabilidad de diseño especificada (Lb)	91 %

CONDICIONES SEGÚN NORMATIVA INSTITUTO DEL ASFALTO

Probeta de 101 mm por 76 mm	Estab. Min de Diseño
Condiciones Normativas	750.0
Verificación	Cumple



RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.- Análisis:

Para elemento estructural	Nº BRIQUETA	Fecha de moldeo - inicio de curado	Fecha de prueba - después de curado	Propiedades Físicas de la Briqueta										Días	CARGA	FLUJO (0.01 PULG.)	FACTO R DE ANALISIS
				Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Diame. Prom.	Área	Altura	FACTORES DE ANILLO		CONTENIDO ASFALTICO				
				D1 (cm)	D2 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	cm²	L (cm)	m	b	%				
BASE ESTABILIZADA - RECICLADO - EMULSION ASFALTICA	B - 01	09/07/2018	12/07/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	0.3	3	163.67	8	FLUJO
	B - 02	09/07/2018	12/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.16	10.15	80.95	6.70	4.40	-6.848	0.6	3	172.00	9	
	B - 03	09/07/2018	12/07/2018	10.17	10.17	10.16	10.17	10.17	81.19	6.80	4.40	-6.848	0.9	3	177.33	9	
B - 04	16/07/2018	19/07/2018	10.13	10.13	10.14	10.13	10.13	80.63	6.70	4.40	-6.848	1.2	3	183.33	9		
B - 05	16/07/2018	19/07/2018	10.16	10.16	10.15	10.16	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	1.5	3	192.33	10		
B - 06	16/07/2018	19/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	80.91	6.80	4.40	-6.848	1.8	3	198.67	11		
B - 07	23/07/2018	26/07/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	2.1	3	204.00	13		
B - 08	23/07/2018	26/07/2018	10.15	10.15	10.15	10.15	10.15	80.91	6.60	4.40	-6.848	2.4	3	199.33	15		
B - 09	23/07/2018	26/07/2018	10.15	10.15	10.14	10.15	10.15	80.87	6.40	4.40	-6.848	2.7	3	195.67	17		
B - 10	30/07/2018	02/08/2018	10.13	10.13	10.13	10.13	10.13	80.60	6.70	4.40	-6.848	3.0	3	194.00	20		
B - 11	30/07/2018	02/08/2018	10.14	10.14	10.15	10.14	10.14	80.79	6.70	4.40	-6.848	3.3	3	194.00	22		
B - 12	30/07/2018	02/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.70	4.40	-6.848	3.6	3	192.67	25		
B - 13	06/08/2018	09/08/2018	10.15	10.15	10.16	10.14	10.15	80.91	6.40	4.40	-6.848	3.9	3	191.33	27		
B - 14	06/08/2018	09/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.15	10.16	81.03	6.80	4.40	-6.848	4.2	3	185.67	29		
B - 15	06/08/2018	09/08/2018	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	81.07	6.50	4.40	-6.848	4.5	3	179.33	31		



RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.1.- CÁLCULO DE LA MEDIA, MEDIANA, MODA, VARIANZA, DESVIACIÓN ESTANDAR, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, PEARSON Y LA TABLA DE FRECUENCIAS

CÁLCULOS PARA HALLAR LAS TABLAS DE FRECUENCIAS

Número de Muestras, (n)	15 unid
Rango, (R) (0.01 pulg max - 0.01 pulg min)	23.00 (0.01 pulg)
Número de Intervalos, (K)	4.91
K redondeado	5
Amplitud, (A)	4.60 (0.01 pulg)
Fórmulas:	
$K = \frac{R}{A}$	$K = 1 + 3.322 \cdot \log(n)$
$A = \frac{R}{K}$	$A = \frac{R}{K}$

MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Media Aritmética, ( $\bar{X}$ )	17.69 (0.01 pulg)
Mediana, (Me)	15.23 (0.01 pulg)
Moda, (Mo)	11.40 (0.01 pulg)
Varianza, ( $\sigma^2$ )	53.23
Desviación Estandar, ( $\sigma$ )	7.30 (0.01 pulg)
Coeficiente de Variación, (C.V.)	41.27 %
Coeficiente de Pearson, (A.S.)	1.0110
<b>Distribución asimétrica positiva, sesgada hacia la derecha <math>\bar{X} &gt; Me &gt; Mo</math></b>	

FÓRMULAS

$\bar{X} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i}{n}}$
$Me = \frac{n}{2} + \frac{\frac{n}{2} - \sum_{j=1}^{k-1} f_j}{f_k}$	$Mo = \frac{\sum_{j=1}^{k-1} f_j + \sum_{j=k+1}^n f_j}{2}$
$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i}{n}$	$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
$C.V. = \frac{\sigma}{\bar{X}}$	$A.S. = \frac{3(\bar{X} - Me)}{\sigma}$

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

K	ANCHO DE CLASE		$x_i$	$f_i$	$f_r$	F	$x_i \cdot f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$
	Li	Ls						
1	[ 8.33	12.93 >	10.63	6	0.4000	6	63.80	298.78
2	[ 12.93	17.53 >	15.23	3	0.2000	9	45.70	18.11
3	[ 17.53	22.13 >	19.83	1	0.0667	10	19.83	4.59
4	[ 22.13	26.73 >	24.43	2	0.1333	12	48.87	90.95
5	[ 26.73	31.33 ]	29.03	3	0.2000	15	87.10	386.01
$\Sigma =$				<b>15</b>	<b>1</b>		<b>265.30</b>	<b>798.44</b>

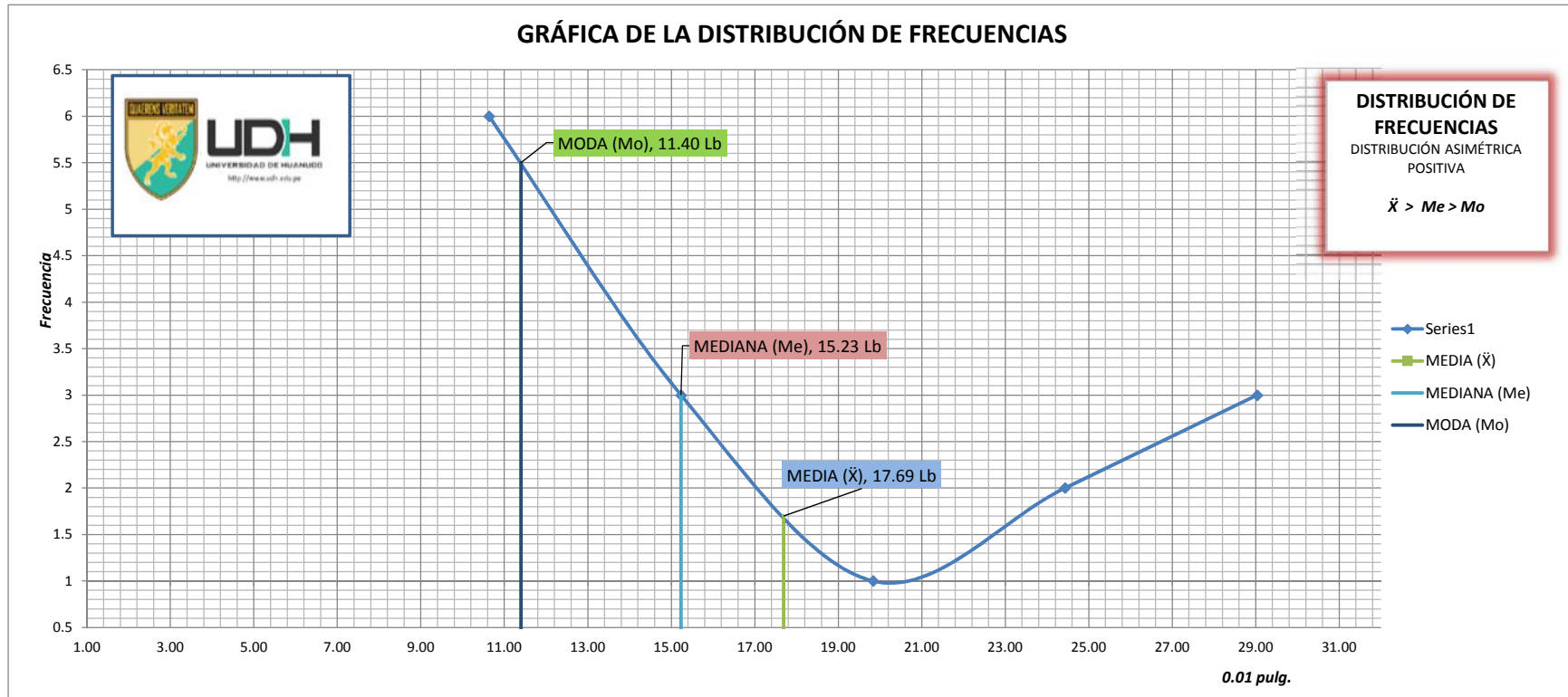
**Leyenda:**

- $n$  = Tamaño de la Muestra
- $K$  = Nº Intervalos
- $Li$  = Límite Inferior
- $Ls$  = Límite Superior
- $x_i$  = Marca de Clase
- $f_i$  = Frecuencia Absoluta
- $f_r$  = Relativa
- $F$  = Frecuencia Absoluta Acumulada



RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.2- GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS





RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.3- CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL Y LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Nº BRIQUETA	FLUJO (0.01 PULG.)		DISTRIBUCIÓN NORMAL
B - 01	1	8.33	0.022741
B - 02	2	8.67	0.024134
B - 03	3	9.00	0.025558
B - 04	4	9.33	0.027010
B - 05	5	10.33	0.031483
B - 06	6	11.33	0.036015
B - 07	7	13.00	0.043223
B - 08	8	15.33	0.051122
B - 09	9	17.33	0.054422
B - 10	10	20.00	0.052637
B - 11	11	22.33	0.045822
B - 12	12	25.33	0.032995
B - 13	13	27.33	0.024134
B - 14	14	29.00	0.017560
B - 15	15	31.33	0.010308

TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	15	
NIVEL DE CONFIANZA (1-α)	95 %	
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	5 %	
ZONA DE RECHAZO	α/2	2.5 %
	Z+ CRÍTICO ( 2.5 % )	<b>1.96</b>
	Z- CRÍTICO ( 2.5 % )	<b>-1.96</b>
MARGEN DE ERROR	3.69 Lb	
INTERVALO DE CONFIANZA DEL PROMEDIO POBLACIONAL (μ)	LÍMITE SUPERIOR	21.69 Lb
	LÍMITE INFERIOR	14.31 Lb
	<b>14.31 Lb ≤ μ ≤ 21.69 Lb</b>	
<b>INTERPRETACIÓN:</b>		
<b>Se está un 95% seguro de que el flujo Promedio (0.01 pulg) de los 15 diseños (briquetas) va a estar dentro del intervalo que va desde 14.31 Lb a 21.69 (0.01 pulg).</b>		

FÓRMULAS

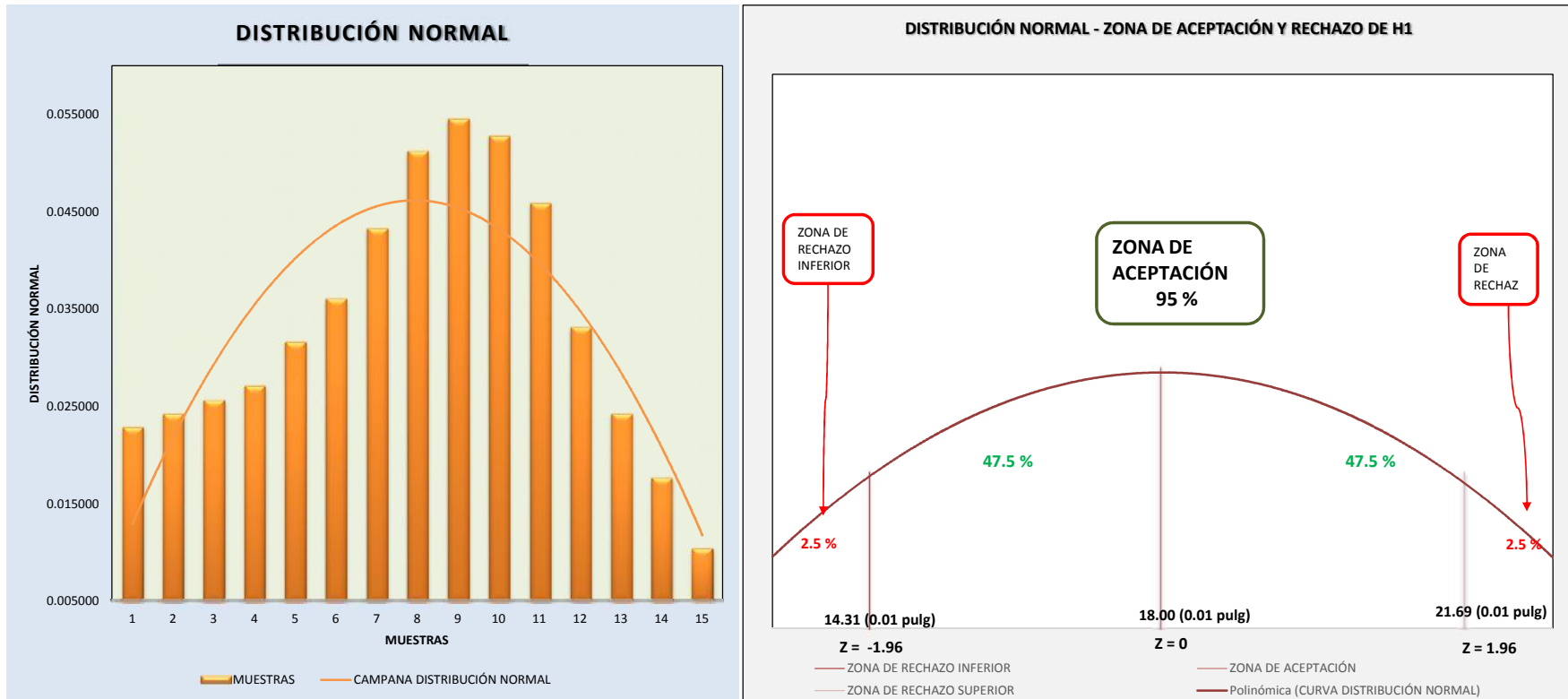
$= 1 - 95 \%$

$\cdot \cdot \sqrt{\quad}$

$= \bar{X} \pm \cdot \cdot \sqrt{\quad}$

RECICLADO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

1.4- GRÁFICOS



5.- Resultados y gráficos:

Flujo, promedio muestral (Media, $\bar{X}$ )	18 (0.01 pulg)
Desviación estandar,	7.30 (0.01 pulg)
<b>Flujo característico (poblacional)</b>	<b>11 (0.01 pulg)</b>
Dispersión ( Coeficiente de variación, C.V. )	40.56 %
Porcentaje en flujo de diseño especificada	82 %

CONDICIONES SEGÚN NORMATIVA INSTITUTO DEL ASFALTO

Probeta de 101 mm por 76 mm	Fluj. Min - max
Condiciones Normativas	8.0      18.0
Verificación	<b>Cumple</b>



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y TOPOGRAFIA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización (nro.):

TESISTA: **JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO**

ENSAYO: **EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS**

TEMA: **RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE**

HORA INICIO: **10:00 AM**  
HORA FINAL: **11:30 AM**

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	PLANCHA, CUCHARÓN	• SE UTILIZO COMO MATERIAL EXTERNO EL TRICLOROETILENO Y DETERGENTE.
2	BALANZA	
3	MAQUINA CENTRIFUGA - HORNO	
4	TAZÓN	
5	RECIPIENTES (BOTELLAS PLASTICAS)	
6	ESPATULA	
7	MAILLA Nº 200	

ACTIVIDADES

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

SE SELECCIONO EL MATERIAL, EL PESADO PARA INSERTARLO AL EQUIPO CENTRIFUGA, ASI COMO TAMBIEN LA INSERCIÓN DEL AGENTE SEPARADOR EL TRICLOROETILENO, SE INICIA EL PROCESO DE CENTRIFUGADO Y SE OBTIENE EL RESIDUO ASFÁLTICO EN LA BOTELLA PLASTICA, ASI COMO TAMBIEN EL MATERIAL EN EL INTERIOR DEL EQUIPO, ESTE MISMO ES LAVADO EN LA MAILLA Nº 200 CON UN DETERGENTE, PARA LUEGO SECARLO EN EL HORNO Y REALIZAR EL PESAJE.

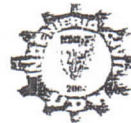
OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: **26** DE **JUNIO**

*(Signature)*

*(Signature)*  
Eder Fray Irribarren Villanueva  
Técnico Laboratorio

Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839



Autorización N°: \_\_\_\_\_

TESISTA: JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MATERIALES

TEMA: RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE

HORA INICIO: 09:00 AM  
HORA FINAL: 11:00 AM

N°	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

N°	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	<u>BANDEJAS</u>	
2	<u>CUCHARONES</u>	
3	<u>BALANZA</u>	
4	<u>TAMIZES 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200</u>	
5	<u>BROCHA</u>	
6	<u>ESCOBILLA DE ACERO</u>	

ACTIVIDADES

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

DEPOSIENDO DE HABER REALIZADO EL LAVADO ASFÁLTICO Y EL SECADO EN EL HORNO, SE PROCEDIÓ A LA SELECCIÓN DE LOS TAMIZES DE ACUERDO AL USO GRANULOMÉTRICO INDICADO POR LA EEB 2013, SEGUIDAMENTE SE INSERTA EL MATERIAL Y SE PROCEDE AL ZARANDEO O MOVIMIENTOS DE LOS TAMICES PARA LUEGO REALIZAR EL PESADO DEL MATERIAL DETENIDO EN LAS MALLAS Y REALIZAR LOS CÁLCULOS. PREVIO AL ENSAYO SE TOMÓ UNA CANTIDAD DE MATERIAL PARA ANALIZAR LA HUMEDAD DEL MATERIAL.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: 28 DE JUNIO DE 2018





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y TOPOGRAFIA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización N°: ;

TESISTA: JEAN POOL JESÚS PASUELO HUERTO

ENSAYO: PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

TEMA: RECLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE.

HORA INICIO: 08:00 AM

HORA FINAL: 10:00 AM DEL 3 DE JULIO

N°	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
COSTO TOTAL			

N°	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	BANDEJAS	
2	CUCHARONES	
3	TAMIZ N°4	
4	FRANELA	
5	BALANZA	
6	CESTA METALICA	

ACTIVIDADES

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

SE SELECCIONA EL MATERIAL PARA SER TAMIZADO POR EL TAMIZ N°4 EL MATERIAL PASANTE SE DESCARTA Y LO RETENIDO SE LAVA Y SECA, SEGUIDAMENTE ESTE MISMO SE SUMERGE EN UNA BANDEJA CON AGUA POR UN TIEMPO DE 24 HORAS, CUMPLIDO ESTE PROCESO EL MATERIAL SE SECA CON LA FRANELA SUPERFICIALMENTE SECO Y SE PESA, SEGUIDAMENTE SE SUMERGE EN LA CESTA Y SE PESA, FINALMENTE SE SECA EL MATERIAL Y SE PESA, CON ESTOS DATOS SE PROCEDIO A LOS CALCULOS.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: 02 DE JULIO

DE 2018



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización No.:

TESISTA: JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO

ENSAYO: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

TEMA: REICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE.

HORA INICIO: 09:00 AM  
HORA FINAL: 01:00 AM DEL 05 JULIO

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	BANDEJAS	
2	MOLDE CONICO	
3	VARILLA (PIZÓN)	
4	PICNOMETRO	
5	BALANZA	

ACTIVIDADES

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

SELECCIONADO EL MATERIAL FINO ESTE SE SATURA DURANTE 24 HORAS, SEGUNDA MENTE SE DECANTA EL AGUA Y SE EXTIENDE EL MATERIAL PARA SECARLO, SE PROCEDE A INSERTAR AL MOLDE CONICO PARA PROBAR SI SE ENCUENTRA SUPERFICIALMENTE SECO, UNA VEZ LOGRADO ESTE SE SUMERGE EN UN PICNOMETRO HASTA EL LIMITE ESTABLECIDO PARA LUEGO REALIZAR EL PESAJE Y LOS CALCULOS CORRESPONDIENTES.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: 04 DE JULIO DE 2018



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización No.:

TESISTA: JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO

ENSAYO: LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO

TEMA: REICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE.

HORA INICIO: 10:00 AM  
HORA FINAL: 12:00 AM

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	TAMIZ N° 40	
2	CAZUELA CASA GRANDE Y ADITAMENTO	
3	HORNO	
4	VASIJAS	
5	BANDEJA	

ACTIVIDADES: DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

SE SELECCIONA EL MATERIAL Y SE TAMIZA POR LA MALLA N°40, EL PASANTE SE UTILIZA PARA EL LIMITE LIQUIDO, SE INICIA CON LA MEZCLA DEL MATERIAL CON AGUA Y SE DEJA EN RECIPIENTE CUBIERTO POR 24 HORAS, SEGUIDAMENTE SE INSERTA EL MATERIAL PREPARADO A LA CAZUELA CASA GRANDE Y SE DETERMINA LOS GOLPES HASTA QUE SE CIERRE EL SURCO DELIMITADO SIN EMBARGO LOS GOLPES POR MAS INTENTO EN DISMINUIR LA HUMEDAD NO CERRO POR ENCIMA DE LOS 25 GOLPES SIEMPRE FUE INFERIOR CONCLUYENDO Y DETERMINANDO QUE EL MATERIAL ES NO PLASTICO.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

HUANCAYO 03 DE JULIO DE 2018





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y TOPOGRAFIA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización No.:

TESISTA: JEAN POOL JESÚS PASUELO HUERTO

ENSAYO: COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)

TEMA: RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

HORA INICIO: 11:00 AM  
HORA FINAL: 02:00 PM

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	TAMIZ 3/4"	
2	BANDEJAS	
3	CUCHARONES	
4	PROBETA	
5	PLANCHA	
6	MARTILLO PROCTOR	
7	MOLDE PROCTOR	

ACTIVIDADES: DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES:

SE SELECCIONO EL MATERIA Y SE TAMIZO Y SE REALIZA EL PESAJE PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO DEL AGUA DE ACUERDO A LOS PORCENTAJES PLASMADOS EN 5 PUNTOS (4.44, 4.79, 4.93, 5.42, 5.94%) PARA LUEGO MEZCLAR CADA PUNTO Y PASAR A INSERTAR AL MOLDE PROCTOR PARA LUEGO COMPACTAR CON EL MARTILLO PROCTOR EN 5 CAPAS, CADA UNO CON 56 GOLPES, SEGUIDAMENTE SE PESA EL MOLDE Y FINALMENTE SE TOMA UNA MUESTRA DEL CORAZON DEL MOLDE PARA PESARLO, SECARLO Y NUEVAMENTE PESARLO Y REALIZAR LOS CALCULOS.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: 05 DE JULIO DE 2018





LABORATORIO DE MECANICAS DE SUELOS Y TOPOGRAFIA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización N°: \_\_\_\_\_

RESISTA	JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO		
ENSAYO	PESO UNITARIO DEL MATERIAL		
TEMA	RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE	HORA INICIO	09:00 AM
		HORA FINAL	11:00 AM

N°	TIPO DE ENSAYO	EST O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
			COSTO TOTAL

N°	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	CICHARON	
2	BANDEJA	
3	MOLDE	
4	BROCHA	
5	VARILLA	
6	REGLA	

ACTIVIDADES

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

SELECCIONADO EL MATERIAL, INICIALMENTE SE PESA EL MOLDE, SEGUIDAMENTE SE INSERTA EL MATERIAL SELECCIONADO HASTA DESBORDAR EL MOLDE PARA LUEGO ENRAZARLO CON LA REGLA Y REALIZAR EL PESAJE, PARA EL COMPACTADO DIFIERE EN QUE EL MATERIAL EN EL INTERIOR DEL MOLDE ES VARILLADO Y LUEGO PESADO PARA LOS CALUOS CORRESPONDIENTES.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

HUBICEL 29 DE JUNIO DE 2018





Autorización N.º: \_\_\_\_\_

TESISTA:	JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO		
ENSAYO:	VALOR EQUIVALENTE DE ARENA		
TEMA:	RECLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE	HORA INICIO:	08:00 AM
		HORA FINAL:	12:00 AM

N.º	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
COSTO TOTAL			

N.º	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	BALANZA	
2	BANDEJA	
3	PROBETAS	
4	CLORURO DE SODIO	
5	TUBO IRRIGADOR	
6	MANGUERA	

ACTIVIDADES

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

SELECCIONADO EL MATERIAL ESTE SE TAMIZA POR LA MALLA N.º 4 ESTE MISMO ES HUMEDECIDO HASTA HOMOGENIZARLO, SEGUIDAMENTE SE PREPARA EL AGUA DESTILADA CON 88CM<sup>3</sup> DE CLORURO DE SODIO SE VIERTEN EN LAS 3 PROBETAS PARA LUEGO INSERTAR EL MATERIAL SE REPOSA 10 MINUTOS Y SE INICIA LA AGITACIÓN DURANTE 30 SEGUNDOS, SE LAVA CON EL TUBO IRRIGADOR LAS PAREDES DE LAS PROBETAS, SE DEJA REPOSA 20 MINUTOS Y SE PROCEDE A LAS MEDIDAS EN LAS PROBETAS PARA LOS CÁLCULOS.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: 30 DE JUNIO DE 2018





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización No.:

RESISTA: JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO

ENSAYO: ABRASIÓN LOS ANGELES

TEMA: RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE

HORA INICIO: 08:00 AM  
HORA FINAL: 11:00 AM

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	MALLAS 3/4", 1/2", 3/8" y N°12	
2	CUCHARONES	
3	MAQUINA LOS ANGELES - ESFERAS	
4	BANDEJAS	
5		
6		
7		

ACTIVIDADES: DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES:  
SE REALIZO LA SELECCION DEL MATERIAL Y SEGUIDAMENTE SE PROCEDIO AL TAMIZADO POR LAS MALLAS 3/4", 1/2" y 3/8", LOS RETENIDOS EN 1/2" y 3/8" EN SUMATORIA PESARON 3000 GRANOS, SE SELECCIONARON 11 ESFERAS, EL DESMONTAJE Y MONTAJE DEL EQUIPO PARA LAS REVOLUCIONES (500) LUEGO DE ESTE PROCESO EL MATERIAL SE TAMIZO POR LA MALLA N°12 PARA PESAR LO RETENIDO Y REALIZAR LOS CALCULOS CORRESPONDIENTES.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: 06 DE JULIO DE 2018



Autorización No.:

RESISTA: JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO

ENSAYO: DESTILACION ASFALTICA

TEMA: REICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE

HORA INICIO: 10:00 AM  
HORA FINAL: 1:00 PM

№	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

№	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	BALANZA	
2	ALAMBIQUE	
3	TERMOMETROS	
4	MECHEROS	
5	REFRIGERANTE	
6	PROBETA	

ACTIVIDADES: DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

SE REALIZO LA TOMA DE MUESTRA EN BALDES, SE PESA LA TARA DEL ALAMBIQUE Y SE INSERTA 200 GR. DE EMULSION, SE AJUSTA EL ALAMBIQUE Y SE REALIZA EL MONTAJE DE LOS TERMOMETROS, MECHEROS, REFRIGERANTE COMO TAMBIEN LA INSTALACION DE LAS MANGUERAS QUE INGRESAN AL REFRIGERANTE Y REALIZAN LA CONDENZACION, SE INICIA CON EL ENCENDIDO DE LOS MECHEROS DEL ALAMBIQUE PARA EVAPORACION Y EL MENCIONADO ANTERIORMENTE, AL LOGRAR LOS 260° SE ESPERA 15 MINUTOS Y SE FINALIZA EL DESTILADO Y SE PROCEDE A LOS CALCULOS RESPECTIVOS.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

FECHA: 26 DE JUNIO DE 2018

Eder Fray Iribarren Villanueva  
Técnico Laboratorio

Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización N.º: \_\_\_\_\_

TESISTA: **JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO**

ENSAYO: **METODO DE ILLINOIS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO**

TEMA: **RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACION A NIVEL DE BASE**

HORA INICIO: **08:00 AM**  
HORA FINAL: **05:00 PM**

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	BANDEJAS	PARA LAS BRIQUETAS
2	MOLDES DE BRIQUETAS	CUBRIR SE UTILIZO'
3	MARTILLO MARSHALL	PARAFINA
4	PEDESTAL	
5	FILTROS	
6	CULCHARONES	
7	ESPATULA	

ACTIVIDADES: DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

SE SELECCIONO EL MATERIAL Y SE PROCEDIO AL LAVADO ASFALTICO Y EL SECADO AL HORNO, EN ESTA PRIMERA ETAPA SE REALIZARA LOS DISEÑOS CON EL CONTENIDO DE ASFALTO ENTRE 0.3 A 1.5% EN 5 DISEÑOS, CON ESTOS SE REALIZO LA MEZCLA PARA CADA DISEÑO, ASI COMO TAMBIEN EL % DE AGUA SEGUN HUMEDAD OPTIMA, SE UBICO LOS MOLDES EN EL PEDESTAL Y SE INSERTO LA MEZCLA PREPARADA PARA LUEGO COMPACTARLO CON EL MARTILLO MARSHALL CON 75 GOLPES A CADA CAPA PROCESO EL CUAL SE REALIZA PARA 6 BRIQUETAS POR DISEÑO DONDE 3 SE CURARAN SUMERGIDOS EN AGUA Y 3 AL AIRE POR CADA DISEÑO Y LUEGO DEL RESPECTIVO CURADO LAS BRIQUETAS CURADAS AL AIRE SE PESAN AL AIRE, SUMERGIDO y SUPERFICIALMENTE SECO PARA LUEGO SE PROCEDE A LA ROTURA EN LA PRESA MARSHALL CON LAS 3 BRIQUETAS SUMERGIDAS UNA VEZ CURADA POR 4 DIAS SE PROCEDE A LA ROTURA.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

EL CURADO DE BRIQUETAS ES 3 DIAS PARA LAS CURADAS AL AIRE Y 4 DIAS PARA LAS SUMERGIDAS, PARA LUEGO INICIAR LAS ROTURAS PROCESO POR CADA DISEÑO.

FECHA: **09** DE **JULIO** DE **2018**

Eder Fray Iribarren Villanueva  
Técnico Laboratorio

Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839



Autorización No.:

TESISTA: JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO

ENSAYO: METODO DE ILLINOIS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO

TEMA: RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFALTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE

HRDA INICIO: 08:00 AM  
HRDA FINAL: 05:00 PM

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. D INVESTIGADOR	CBSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	BANDEJAS	PARA LAS BRIQUETAS
2	MOLDES DE BRIQUETAS	CUBRIR SE UTILIZO
3	MARTILLO MARSHALL	PARAFINA
4	PEDESTAL	
5	FILTROS	
6	ECHARONES	
7	ESPATULA	

ACTIVIDADES

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

SE SELECCIONO EL MATERIAL Y SE PROCEDEO AL LAVADO ASFALTICO Y EL SECADO AL HORNO, EN ESTA SEGUNDA ETAPA SE REALIZARA LOS DISEÑOS CON EL CONTENIDO DE ASFALTO ENTRE 1.8 a 3% PARA LOS 5 DISEÑOS, SE REALIZO LA MEZCLA PARA CADA DISEÑO, ASI COMO TAMBIEN EL % DE AGUA SEGUN HUMEDAD OPTIMO, SE UBICO LOS MOLDES EN EL PEDESTAL Y SE INSERTO LA MEZCLA PARA LUEGO COMPACTARLO CON EL MARTILLO MARSHALL CON 75 GOLPES A CADA CARA PROCESO EL CUAL SE REALIZA PARA 6 BRIQUETAS POR DISEÑO DONDE 3 SE CURAN AL AIRE Y 3 SUMERGIDAS EN AGUA POR CADA DISEÑO, SEGUIDAMENTE LAS 3 CURADAS AL AIRE SE PESAN AL AIRE, SUMERGIDO Y SUPERFICIALMENTE SECO PARA LUEGO PROCEDER A LA ROTURA EN LA PRENSA MARSHALL Y LAS 3 SUMERGIDAS LUEGO DE CURADAS SIN PESARLAS SE PROCEDE A LA ROTURA EN LA PRENSA MARSHALL.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

EL CURADO DE BRIQUETAS ES DE 3 DIAS PARA LAS CURADAS AL AIRE Y 4 DIAS PARA LAS SUMERGIDAS, PARA LUEGO INICIAR LAS ROTURAS PROCESO POR CADA DISEÑO.

FECHA: 23 DE JULIO DE 2018

Eder Fray Iribarren Villanueva  
Técnico Laboratorio

Leonidas Villanueva Abal  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 78839



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS y TOPOGRAFÍA  
"FORMATO DE TESIS"



Autorización No.:

TESISTA: JEAN POOL JESÚS PAJUELO HUERTO

ENSAYO: METODO DE ILLINOIS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS EN FRIO

TEMA: RECICLADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA LA ESTABILIZACIÓN A NIVEL DE BASE.

HORA INICIO: 08:00 AM  
HORA FINAL: 05:00 PM

Nº	TIPO DE ENSAYO	EST. O INVESTIGADOR	COSTO AL MERCADO
1			
2			
3			
COSTO TOTAL			

Nº	EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS A UTILIZAR	OBSERVACIONES
1	BANDEJAS	PARA LAS BRIQUETAS
2	MOLDES DE BRIQUETAS	CUBRIR, SE UTILIZÓ
3	MARTILLO MARSHALL	PARAFINA.
4	PEDESTAL	
5	FILTROS	
6	CUCHARONES	
7	ESPATULA	

ACTIVIDADES DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

SE SELECCIONO EL MATERIAL Y SE PROCEDIO AL LAVADO ASFÁLTICO Y EL SECADO AL HORNO, EN ESTA TERCERA ETAPA SE REALIZARA LOS DISEÑOS CON EL CONTENIDO DE ASFALTO ENTRE 3.3 a 4.5% PARA LOS 5 DISEÑOS FINALES, SE REALIZÓ LA MEZCLA PARA CADA DISEÑO, ASÍ COMO TAMBIÉN EL % DE AGUA SEGUN HUMEDAD OPTIMA, SE UBICÓ LOS MOLDES EN EL PEDESTAL Y SE INSERTO LA MEZCLA PARA LUEGO COMPACTARLO CON EL MARTILLO MARSHALL CON 75 GOLPES A CADA CARA, PROCESO EL CUAL SE REALIZA PARA 6 BRIQUETAS POR DISEÑO DONDE 3 SE CURAN AL AIRE Y 3 SUMERGIDOS EN AGUA POR CADA DISEÑO, SEGUIDAMENTE LAS 3 CURADAS AL AIRE SE PESAN AL AIRE, SUMERGIDAS Y SUPERFICIALMENTE SECO PARA LUEGO PROCEDER A LA ROTURA EN LA PRENSA MARSHALL Y LAS 3 SUMERGIDAS WEGO DE CURADAS SIN PESARLAS SE PROCEDE A LA ROTURA EN LA PRENSA.

OBSERVACIONES POSTERIORES A LA PRACTICA:

EL CURADO DE BRIQUETAS ES DE 3 DÍAS PARA LAS CURADAS AL AIRE Y 4 DÍAS PARA LAS SUMERGIDAS, PARA WEGO INICIAR LAS ROTURAS PROCESO POR CADA DISEÑO

FECHA: 30 DE JULIO DE 2018