

**“AÑO DE LA CONSOLIDACION DEL MAR DE GRAU”**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSIÓN  
ASFÁLTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS  
PROVINCIA DE JAUJA – REGIÓN JUNÍN 2015”**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. CÓNDOR ALFARO, Jimmy Julián**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2016**

Ing. Marco Salcedo Rodríguez.

**ASESOR**

Esta investigación la dedico a las personas que constantemente están investigando las problemáticas de las ciencias de la Ingeniería Civil, a mi Padre que en todo momento me apoyo y a la memoria de mi Madre.

**EL AUTOR**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento sincero al Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana los Andes.

Coordinadora de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana los Andes Ing. Rosa Quispe Rojas, por su valioso aporte al desarrollo de las ciencias de la Ingeniería y su constante preocupación para motivarnos en el desarrollo de la investigación científica y engrandecimiento de la Universidad.

Al Asesor Ing. Marco Salcedo Rodríguez. Por sus acertadas sugerencias y orientación en el campo metodológico de la Ingeniería Civil, quien con su destreza y habilidades nos conduce por el camino exitoso de la investigación.

## **PRESENTACIÓN**

Presento a vuestra consideración la presente tesis titulado **“TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS PROVINCIA DE JAUJA – REGIÓN JUNÍN 2015”**.

El presente trabajo de investigación nos muestra lo significativo y relevante que resulta la aplicación de los materiales autoinstructivos, en determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

Agradeciendo a las personas que aportaron sus conocimientos de una u otra manera para la culminación de ésta tesis, asimismo a los Sres. Ingenieros Civiles residentes en obra, especialistas en estructuras y empleados técnicos - administrativos por su valioso apoyo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.	
CARÁTULA	i	
ASESOR	ii	
DEDICATORIA	iii	
AGRADECIMIENTOS	iv	
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi	
RESUMEN	ix	
ABSTRAC	x	
INTRODUCCIÓN	xi	
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	13	
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14	
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	14	
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14	
1.3. OBJETIVOS .....	15	
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	15	
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15	
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	15	
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16	
1.5.1. ESPACIAL .....	16	
1.5.2. TEMPORAL.....	16	
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16	
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO		
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.....	18	
2.2. BASES TEÓRICAS .....	21	
SUB CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO. TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA – OBRAS COMPLEMENTARIAS. ....		21
1.1. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.....	21	
A. TIPOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES .....	21	
B. CLASIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON LECHADAS ASFÁLTICAS.....	21	
C. LAS EMULSIONES .....	25	
1.2. EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	27	

A. COMPONENTES DE LAS EMULSIONES	
ASFÁLTICAS .....	27
B. HISTORIA DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS .....	28
C. TEORÍA DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	31
1.3. ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	39
A. MANIPULACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	40
B. ENSAYOS SOBRE EMULSIONES ASFÁLTICAS .....	41
1.4. ESTABILIZACIÓN DE BASES CON EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	48
A. DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN .....	48
B. CAMPO DE APLICACIÓN .....	50
1.5. ESTABILIDAD Y RESISTENCIA CONSERVADA .....	55
1.6. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES .....	56
A. SUELOS Y AGREGADOS .....	57
1.7. EMULSIONES.....	60
A. MATERIAL PÉTREO.....	61
B. BASE GRANULAR.....	65
C. ENSAYOS PARA MATERIALES DE MEZCLA	
ASFÁLTICA.....	66
a) ENSAYOS PARA ASFALTOS.....	66
2.3. BASES LEGALES .....	68
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	68
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	
3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	69
3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	69
3.3. VARIABLES.....	70
3.3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	71
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	73
4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	73
4.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
4.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	75
4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	76
4.6.1. TÉCNICAS .....	76
4.6.2. INSTRUMENTOS.....	76
4.6.3. CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS	

INSTRUMENTOS .....	77
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
5.1. ANÁLISIS DE DATOS.....	78
5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	148
5.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	152
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
ANEXOS:	
Anexo N° 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS.	
Anexo N° 02. CUADROS DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	
Anexo N° 03. INSTRUMENTOS.	
Anexo N° 04. CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.	
Anexo N° 06. OTROS. PLANOS – FOTOS.	



## RESUMEN

La presente Tesis titulado, “TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS PROVINCIA DE JAUJA – REGIÓN JUNÍN 2015” trata sobre un estudio aplicado, observacional de corte comparativo, con un nivel de investigación: DESCRIPTIVO – EXPLICATIVO, teniendo como problema general: ¿De qué manera influye la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín?, siendo el objetivo general, determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín, con la hipótesis que: la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín. El propósito de la investigación es que en base a los resultados obtenidos se propondrá sugerencias para mejorar la problemática encontrada en la unidad de análisis.

Se seleccionó en forma aleatoria una población de 60 personas, con una muestra no probabilística intencional o criterial, con un grupo de 36 encuestados. El método de investigación es el cualitativo; con un diseño de investigación: CORRELACIONAL – DEMOSTRATIVO - APLICATIVO, se trabajará teniendo en cuenta la aplicación de una encuesta y la información recopilada de la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.

Las principales conclusiones aprioris son: la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en un 75% en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín. La aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar en un 32% el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.

**PALABRAS CLAVES:** *Tratamiento Superficial Bicapa, Emulsión Asfáltica, Características Físico – Mecánicas, Conservación de Carreteras.*

## SUMMARY

EXPLANATORY, with the general problem - Descriptive: How influences the application of asphalt emulsion as a surface treatment bilayer in maintaining unpaved roads, a study applied observational comparative court, with a level of research is reported : Valle Yacus Province of Jauja - Junín Region?, the overall objective being to determine whether the application of asphalt emulsion as bilayer surface treatment influences the conservation of unpaved roads, Valle Yacus Province of Jauja - Junín Region, with the hypothesis that: the application of asphalt emulsion as bilayer surface treatment significantly influences the conservation of unpaved roads, Valle Yacus Province of Jauja - Junín Region. The purpose of the research is based on the results propose suggestions for improving the problems found in the analysis unit.

A population of 60 people selected at random, with no intentional or criterial probability sample, with a group of 36 respondents. The research method is qualitative; with a research design: CORRELATIONAL - DEMONSTRATION - APPLICATION, it will work considering the application of a survey and information collected from the road Valle Yacus Province of Jauja - Junín Region.

The preconception main conclusions are: the application of asphalt emulsion as bilayer surface treatment significantly influences 75% in the conservation of unpaved roads, Valle Yacus Province of Jauja - Junín Region. The application of a methodology and appropriate design of the asphalt emulsion as bilayer surface treatment, can raise by 32% the level of serviceability of roads Valle Yacus Province of Jauja - Junín Region.

**KEYWORDS:** *Surface Treatment bilayer, Asphalt Emulsion, Mechanical - Physical Characteristics, Road Maintenance.*

## INTRODUCCIÓN

En las dos últimas dos décadas el esfuerzo científico y tecnológico a nivel mundial también se ha orientado al desarrollo de materiales asfálticos para la construcción de carreteras, cuyas especificaciones son cada vez más exigentes. Una aplicación muy importante de este desarrollo tecnológico del asfalto, es el uso de las emulsiones asfálticas, empleadas en la estabilización de bases en caminos como una de sus múltiples aplicaciones en el campo de los pavimentos flexibles, utilizando materiales pétreos en sus diferentes variedades o suelos naturales con baja plasticidad. Del origen de las emulsiones asfálticas se sabe que los primeros ligantes utilizados en las carreteras fue en 1854 en la Plaza Sallinis en Auch (Gers, Francia), y el 9 de mayo de 1922 el químico inglés Hugh Mackay presentó una patente sobre las emulsiones, en la década de los años setentas hubo un gran desarrollo en el mundo de las emulsiones y hasta la fecha el desarrollo ha sido sostenido. En el Perú, desde hace dos décadas se empezó a utilizar este sistema de estabilización de bases, debido al poco conocimiento de técnicas efectivas y procedimientos adecuados para su mayor uso. En 1991 el Ministerio de Transportes realizó una serie de ensayos, construyendo una serie de tramos como pruebas de campo, en las tres regiones del Perú, y los resultados fueron exitosos. Por esta razón desde entonces se viene haciendo uso de ésta técnica de preservación en las carreteras de nuestras regiones.

La Presente tesis consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I, trata sobre el planteamiento del problema, desglosando la situación actual del proyecto llegamos a la Formulación del problema de investigación para poder obtener el problema general, Así como también sus problemas específicos, obteniendo así nuestras variables para poder determinar y validar la aplicación.

Capítulo II, trata sobre la recopilación de bibliografía conceptos básicos y fuentes sobre el tema planteado, tipos, clasificación, aplicaciones, historia, manipulación, transporte y almacenamiento.

Capitulo III, trata sobre la realización de la hipótesis general y específica seguidamente obteniendo nuestro cuadro de operacionalización de las variables Independientes como Dependientes.

Capitulo IV, trata sobre la metodología de la investigación (tipo, nivel y método).

Capitulo V, finalmente trata sobre el análisis e interpretación de resultados. (Conclusiones y recomendaciones).

## **CAPÍTULO I.**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Actualmente el mantenimiento que reciben los caminos, por los Gobiernos Regionales, no es el más adecuado, técnicamente; aduciendo el recorte del gasto público, tanto desde el punto de vista técnico como económico, por otro lado el empedrado fraguado, balastado de calles es comúnmente utilizado sin obtener resultados satisfactorios debido a que cada año las intensas lluvias causan deterioros progresivos tanto en la superficie como en la base, pudiendo tranquilamente ayudar esta problemática el empleo de las emulsiones asfálticas. El tema de las emulsiones asfálticas ha cobrado mucho interés en las instituciones de investigación tales como el Instituto del Asfalto (Asphalt Institute), la Asociación Nacional de pavimentos Asfálticos, en las últimas décadas. Debido a las ventajas que presentan para resolver estos problemas, ya que permite la aplicación de los asfaltos (modificados o no) sobre el substrato pétreo a temperatura ambiente, con un control amplio en el tiempo de rompimiento de la emulsión, una línea importante de investigación en materiales asfálticos consistiría en diseñar un sistema de fácil aplicación de las emulsiones asfálticas (modificadas o no) con el material a estabilizar y es donde se enmarca este trabajo de investigación, puntualizando en la producción de la mezcla adecuada y la propiedad de adhesión con el material a estabilizar, que será utilizada para soporte de un pavimento flexible.

Actualmente en la unidad de análisis (carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín) se está desarrollando la ejecución del Proyecto del Gobierno Regional Junín, Sub gerencia de estudios, el consorcio designado de dicho tramo I, es la Empresa AGLOMERADOS NUMANCIA, que a la fecha lleva un 90% de avance, el proceso constructivo varía en cuanto al ancho de las vías, debido a su topografía.

Ante esta situación en el marco aplicativo y normativo, el autor en la presente investigación, aborda las variables: TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA y EMULSIÓN ASFÁLTICA, que al operacionalizarlas y correlacionarlas respectivamente en la unidad de análisis nos darán una nueva perspectiva en las ciencias de la Ingeniería Civil.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿De qué manera influye la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- A.** ¿Cuál es la metodología y diseño para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín?
- B.** ¿Qué procedimientos de normas aplicables son factibles para la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín?
- C.** ¿Cuáles son las características físico – mecánicas existentes en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- A.** Establecer la metodología y diseño adecuado para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial en la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.
- B.** Proporcionar un procedimiento de normas aplicables a la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.
- C.** Conocer las características físico – mecánicas existentes en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. IMPLICACIONES PRÁCTICAS**

En ese sentido, la investigación tendrá carácter práctico, ya que se describirán las variables de estudio y en función de ellas se tomará decisiones de evaluación al respecto. La presente investigación constituirá un aporte para el diseño, construcción y validación de los instrumentos de recolección de datos, así mismo se plantea alcanzar soluciones adecuadas para determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.

#### **1.4.2. VALOR TEÓRICO**

La información recopilada y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecerá el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en mención.

### **1.4.3. UTILIDAD METODOLÓGICA**

Es evidente que la aplicación de los instrumentos de investigación va servir para recopilar los datos, con lo cual se puede ser extensivo a las demás Regiones del país que verse este problema estructural - vial – y de seguridad. El desarrollo de la investigación en el área de la Ingeniería Civil tiene importancia académica, debido a que los resultados obtenidos contribuirán de una u otra manera a servir de antecedente para otros investigadores en el campo de la construcción de pavimentos que traten con las variables de: Tratamiento Superficial Bicapa y Emulsión Asfáltica, asimismo propuestas de análisis y evaluación para un procedimiento de normas aplicables a la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

## **1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. ESPACIAL**

La investigación comprendió el tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín en el año 2015.

### **1.5.2. TEMPORAL**

Se recopilaron datos para la investigación principalmente en el periodo comprendido del 15 de Agosto al 15 de Octubre del 2015; aunque se tomaron en consideración algunos antecedentes referenciados del año 2014.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Una de las limitaciones es la dificultad para conseguir algunos datos estadísticos de otras investigaciones que han trabajado con las variables: Emulsión Asfáltica y Tratamiento Superficial Bicapa de la investigación realizada.



- Probablemente exista un efecto reactivo ante los instrumentos, es decir el rechazo al desarrollo de las encuestas por parte de los especialistas encuestados, aduciendo que puede tratarse de un proceso de evaluación técnica.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN**

- a) Miguel Ángel Gago Angulo. (2013). Tesis: “Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla para carreteras de bajo tránsito en el Perú” Año 2013. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Lima – Perú.**

El autor hace un estudio de caso basado en la técnica de riego con gravilla como tratamiento superficial, consistente en la ejecución de una o varias aplicaciones de un ligante hidrocarbonado sobre una superficie, complementada por una o varias extensiones de un árido de granulometría uniforme. El autor establece sin perjuicio de que en el PPTP se defina algún otro tipo sancionado por la experiencia, estableciéndose los siguientes tipos de riego con gravilla: a) Riego con gravilla monocapa, formada por una aplicación de ligante y una posterior extensión de árido, b) Riego con gravilla monocapa preengravillado, formado por una extensión de árido seguida de una aplicación de ligante y una segunda extensión de árido, c) Riego con gravilla bicapa, formado por dos aplicaciones sucesivas de ligante y de árido, d) Riego con gravilla bicapa preengravillado, formado por una primera extensión de árido seguida de dos aplicaciones sucesivas de ligante y de árido, y e) Riego con gravilla tricapa, formado por tres aplicaciones sucesivas de ligante y de árido. Haciendo mención el investigador que la utilización de riegos con gravilla para las categorías de tráfico pesado tendrá un carácter excepcional,

siendo sólo posible en operaciones localizadas de conservación y requerirá que el PPTP se extremen las exigencias en relación con la calidad de los materiales, de los equipos y del proceso de ejecución de la obra.

Sus principales conclusiones del autor son:

- Los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla se abonarán por metros cuadrados ejecutados.
- El abono incluirá la limpieza y preparación de la superficie existente, la aplicación del ligante hidrocarbonado, la extensión y apisonado del árido y la eliminación del árido no adherido.
- El resultado medio del ensayo de resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor especificado, que es no más de 1 individuo de la muestra ensayada podrá presentar resultados inferiores a dicho valor en más de cinco centésimas (0.05).
- La dotación media, tanto del ligante residual como de áridos, del riego con gravilla no deberá diferir de la prevista en la fórmula de trabajo en más de un quince por ciento (15%).

**b) Ángel Cárdenas Tello. (2012). Tesis: “Protocolos de preparación para los tratamientos superficiales con emulsiones asfálticas” Año 2012. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Tesis para optar el grado de Magíster en Proyectos de Inversión en Obras Públicas. Lima – Perú.**

El investigador hace un estudio de caso basado en las aplicaciones utilizadas en la construcción de carreteras en diferentes circunstancias y funciones, entre estos se tienen: a) Riegos de imprimación o penetración, b) Riegos negros con emulsión diluida, c) Riegos de liga, d) Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada, y e) Morteros asfálticos o slurry seal. Estos tipos de tratamiento se deberán utilizar como: superficies de protección temporales o definitivas para bases o carpetas de una carretera, superficies protectoras de desgaste realizadas sistemáticamente como un mantenimiento preventivo además se mejorarán las características

antideslizantes que se pueden ir perdiendo con el tiempo, y hay un sellado superficial que evita que el agua penetre a la capa que protege. En la mayoría de los casos, no se considera como una parte estructural ya que no aporta ningún soporte, sin embargo este tratamiento debe resistir los esfuerzos cortantes originados por el tránsito, la abrasión o el desgaste producido por las ruedas de los vehículos. También el tratamiento debe presentar aquellas características que la hagan antideslizantes por algún tiempo (2 a 3 años), garantizando así la seguridad de los usuarios de la carretera. Por éstas razones habrá de exigir que se cumpla con las especificaciones establecidas para el material pétreo y la emulsión.

Sus conclusiones a las que arribó el autor son:

- La reflexión de las grietas ocurren con más frecuencia cuando las mezclas asfálticas son colocadas sobre concreto hidráulico y bases estabilizadas con cemento o flyash, esto es más notorio cuando las grietas en el pavimento existente no son reparadas adecuadamente.
- Cuando la superficie está deformada es necesario restaurar el alineamiento y sección transversal construyendo capas o cuñas de nivelación, el perfilado en frío puede ayudar también a restablecer la pendiente y perfil original.
- Las áreas de excesiva deflexión pueden ser estimadas comparando la deflexión en las áreas falladas con la deflexión promedio de las áreas sin problema, las correcciones estructurales deben diseñarse y construirse con concreto asfáltico en todo el espesor para asegurar resistencia igual o que exceda de la resistencia de la estructura del pavimento adyacente.
- El microsurfacing deberá tener la suficiente estabilidad de manera que no ocurra un rompimiento prematuro del material en la caja esparcidora, la mezcla deberá ser homogénea durante y después del mezclado y esparcido. Esta deberá estar libre de exceso de agua o

emulsión y libre de segregación de finos de emulsión y del agregado grueso.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **SUB CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO. TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA – OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

#### **1.1. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES**

Los tratamientos superficiales tiene como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, este término cubre generalmente todas las aplicaciones de asfalto, con o sin agregados a cualquier tipo de camino o superficie de pavimentos flexibles, pero cuyo espesor final es por lo general inferior a 25 mm (una pulgada). Los tratamientos superficiales varían desde una simple y ligera aplicación de cemento asfáltico, sobre los cuales distribuyen agregados pétreos, hasta mezclas con espesores de hasta 2.5 cm. Todos los tratamientos superficiales sellan y prolongan la vida de los caminos, teniendo cada uno propósitos especiales.<sup>(8)</sup>

#### **A. TIPOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES**

De acuerdo a la aplicación o a su preparación, los tratamientos superficiales pueden clasificarse de varias maneras, la tabla 2-21 muestra los tratamientos superficiales y los riegos de sellado más utilizados en la actualidad. El tratamiento superficial no constituye un pavimento por sí mismo, este tiene como función proveer a la superficie del camino una cubierta impermeable y resistencia a la acción abrasiva del tránsito, los tratamientos bituminosos no dan estructura.

#### **B. CLASIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON LECHADAS ASFÁLTICAS**

### **a) Lechadas asfálticas convencionales (Slurry Seal)**

Es una aplicación de espesor delgado, de aproximadamente 1 a 1.5 veces el tamaño máximo de agregado utilizado. Estas lechadas pueden o no ser modificadas con polímeros. Si son modificadas, generalmente la modificación se realiza mediante un látex cuya función es ayudar a crear resistencia temprana a los esfuerzos y aumentar su flexibilidad. Incrementando el punto de ablandamiento de la carpeta. Las mezclas para este tipo de aplicación están basadas en agregados de pequeño tamaño y limitadas a un tamaño máximo aproximado de 8mm. <sup>(8)</sup>

### **b) Lechadas asfálticas modificadas (microsurfacing).**

Es una aplicación capaz de corregir deformaciones menores de forma y usualmente contiene asfalto modificado. Este tipo de material puede ser utilizado como un rellenador de rodaderas, pueden colocarse con múltiples tamaños de agregado fabricándose con tamaños máximos de agregado de hasta 10 mm. La modificación con polímero permite el uso de agregado más grueso sin el peligro de segregación y su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación. La modificación con polímeros para cada mezcla puede incluir EVA y látex, estos proveen una mayor resistencia al rodamiento, permitiendo colocar capas de hasta 50-75mm de espesor. <sup>(8)</sup>

### **c) Aplicaciones de los tratamientos con lechadas.**

#### ▪ *Aplicación de las Lechadas asfálticas convencionales.* <sup>(8)</sup>

Las lechadas asfálticas convencionales son utilizadas generalmente para:

- Proporcionar una superficie de rodadura adecuada para el tráfico.
- Un sello resistente contra el agua.
- Corregir pequeñas irregularidades superficiales.
- Reducir el ruido en las carreteras.

- Como carpeta de rodadura donde los límites de peso son restrictivos (puentes, pasos a desnivel).
- Restaurar la textura superficial del pavimento.
- Como sello para grietas menores de superficie.
- Lechadas asfálticas modificadas.

Los microsurfacing incorporan polímeros que refuerzan la mezcla final y emulsificantes especiales que proporcionan un curado rápido y permiten tiempos cortos de apertura al tráfico.

Estos son utilizados para:

- Rellenar rodaderas.
- Correcciones menores de forma.
- En aplicaciones de tráfico intenso.
- Ensanchamiento de hombros.
- Todas las aplicaciones de las lechadas asfálticas convencionales.

#### **d) Materiales que componen las lechadas asfálticas**

Los materiales que conforman la mezcla del tratamiento superficial son los siguientes: Los agregados, Emulsión Asfáltica, Filler Mineral (Cemento Portland o cal), Agua, y Aditivos (Depende si se quiere usar acelerantes o retardantes para el curado).<sup>(8)</sup>

#### **e) Los agregados**

La superficie que se consigue está en función del tamaño y clasificación de los agregados.-Se utiliza tres tipos de graduaciones de agregados, según se muestra en-la Tabla 2-22, pero graduaciones más grandes y más pequeñas han sido-utilizadas. La Figura 2-19 muestra esquemáticamente los tres tipos de graduación en base al espesor alcanzado.<sup>(8)</sup>

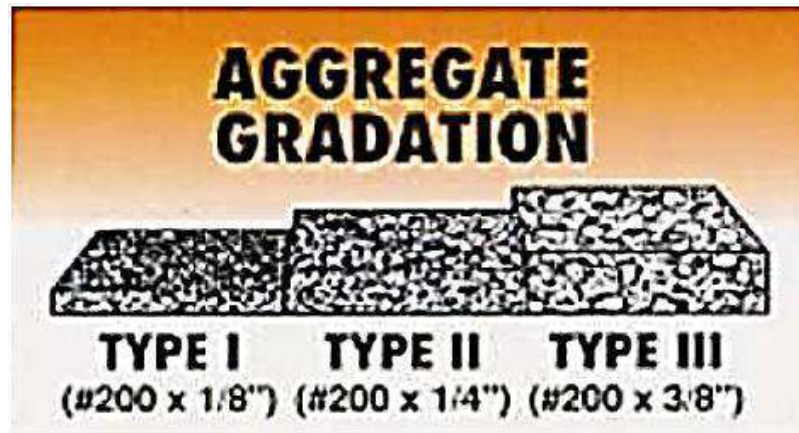


Fig. 2-19: Esquema de las carpetas rodaje según la graduación de los agregados en Slurry Surfacing.  
Fuente: Cea Carranza, David. (2009).

- **Granulometría tipo I.**

Las mezclas realizadas con la graduación tipo I son las más finas, y se utilizan generalmente para lograr una penetración máxima de las grietas y para áreas de tráfico de baja intensidad, por ejemplo: campos de aviación y parqueos. Esta mezcla se puede también utilizarse como tratamiento previo al recubrimiento con mezclas en caliente o para ser utilizados con los chips seal. <sup>(3,14)</sup>

- **Granulometría tipo II.**

Es el tipo más común de granulometría utilizada. Se emplea en mezclas utilizadas para corregir daños moderados a severos por pérdida de agregado, oxidación de la carpeta o pérdida de asfalto y para proveer mayor resistencia al deslizamiento. Esta mezcla puede ser utilizada para tráfico de moderada y alta densidad. <sup>(3,14)</sup>

- **Granulometría tipo III.**

Es empleada para mezclas que se utilizaran como correctoras de irregularidades superficiales y para aplicaciones en tráfico de alta densidad. <sup>(3,14)</sup>



## **C. LAS EMULSIONES**

El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño óptimo de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, estas pueden ser clasificadas en: Emulsiones de fraguado lento, emulsiones de fraguado rápido, emulsiones modificadas con polímero de fraguado rápido, emulsiones para Microsurfacing. El tipo de emulsión determina, en gran medida, el tiempo de rompimiento y de curado.

### ***a) Emulsiones de Fraguado Lento.***

Las emulsiones de fraguado lento incluyen compuestos de amonio cuaternario, aminos grasos o los ácidos grasos. Usualmente poseen poca compatibilidad y problemas de recubrimiento, pero siempre serán de solidificación lenta cuando ellos dependan principalmente de la evaporación del agua para su rompimiento o la curación. Pueden ser aniónicas o catiónicas. Tiempos de apertura al tráfico de 3-6 horas son usuales aún bajo buenas condiciones. Por esta razón ellas pueden utilizarse solamente para aplicaciones de sellos de lechada convencional (slurry seal).<sup>(5)</sup>

### ***b) Emulsiones de Fraguado Rápido.***

Las emulsiones de fraguado rápido utilizan emulsificantes superiores usualmente de la familia de las aminoamidas (aminoácido natural). La compatibilidad es de nuevo un problema, pero puede ser solucionado, en la mayoría de los casos, en la fase del diseño de la mezcla. Estos emulsificantes son catiónicos y reaccionan con los agregados utilizados. El tiempo de apertura al tráfico varía de 1-4 horas, dependiendo de las condiciones. Ellos son convenientes solamente para Sellos de lechada (slurry seal).<sup>(5)</sup>

### ***c) Emulsiones Modificadas con Polímeros.***

Los sistemas de fraguado rápido modificados con polímeros poseen un polímero añadido. Estos pueden hacerse mezclando un polímero con el asfalto previo al emulsificante o también añadiendo

un polímero látex dentro de la "sopa del sistema" o post-molienda (algunas veces se utiliza pos-añadido pero esto tiende a hacer lento el sistema y presentar problemas de estabilidad). Los tiempos de apertura al tráfico son similares a las emulsiones de fraguado rápido no modificadas, pero la presencia del polímero permite que estas sean utilizadas para sellos de lechada convencionales o para lechadas asfálticas modificadas indiferentemente (en climas cálidos).<sup>(5)</sup>

#### ***d) Emulsiones para microsurfacing.***

Las emulsiones para microsurfacing siempre poseen polímeros y están basadas en sistemas de fraguado rápido. Estas pueden utilizarse con aditivos como un desencadenante para la ruptura. La mayoría de emulsificantes para microsurfacing son imadazolines. Estas son más reactivas con los agregados y presentan mayor compatibilidad y los problemas de recubrimiento deben ser cuidadosamente tratados en el diseño de mezclas.<sup>(5)</sup>

### **D. LOS ADITIVOS**

Estos pueden ser sólidos (cemento o limos) o líquidos (surfactantes) y son añadidos con el agua para retardar o acelerar las reacciones de la mezcla (curado o ruptura). Los polímeros rigidizan la mezcla y le proporcionan mayor flexibilidad. Esto implica mayor existencia a las deformaciones y a los agrietamientos. Un punto de ablandamiento más alto y una mayor viscosidad permiten un contenido más alto aglutinante (emulsión) en la carpeta, películas (capas) más espesas y también alta durabilidad. Efecto de los polímeros en las mezclas asfálticas:

- Incrementan el punto de ablandamiento.
- Incrementan la viscosidad de la carpeta.
- Disminuyen la susceptibilidad térmica.
- Incrementan la elasticidad.
- Incrementan la cohesión.
- Incrementan los esfuerzos de tensión y flexión.<sup>(12)</sup>

## 1.2. EMULSION ASFALTICA

La palabra emulsión tiene su origen en el verbo latino emulgere, que significa ordeñar, por eso se considera como el prototipo de emulsión natural a la leche de los mamíferos. Para nuestro caso podemos definir de una manera técnica las emulsiones asfálticas como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro (o sea dispersión de asfalto en agua), con interrelación de partículas del tamaño de 1 a 20 micras u otro tamaño según la necesidad, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. 1. Esto puede apreciarse en la figura 2.20, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión asfáltica.<sup>(1)</sup>

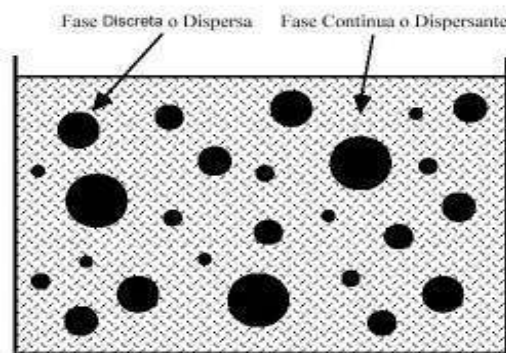


FIG. 2.20 Diagrama Esquemático de una Emulsión.

*Fuente: Cea Carranza, David. (2009).*

### A. COMPONENTES DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

Son tres los componentes básicos de una emulsión asfáltica, estos son: asfalto, agua y un agente emulsivo. También podrían ser parte de estos componentes aditivos como estabilizadores, mejoradores de adherencia, mejoradores de recubrimiento, o agentes de control de rotura. Es bien sabido que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos. Como el caso de lavarse las manos llenas de grasa con un jabón. Algunos de los mismos principios físicos y químicos se aplican a la formulación, producción y uso de emulsiones asfálticas. El objetivo es lograr una

dispersión estable del cemento asfáltico en el agua, suficientemente estable para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado, y mezclada. Más aún, la emulsión deberá romper rápidamente tras entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o tras ser distribuida sobre la cancha. La rotura es la separación, del agua del asfalto, al curar el residuo asfáltico conserva toda la capacidad adhesiva, la durabilidad, y la resistencia al agua propias del cemento asfáltico con el cual fue elaborado.<sup>(1)</sup>

## **B. HISTORIA DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS**

La historia de las Emulsiones Asfálticas se remonta al uso de un producto utilizado previamente a las emulsiones, este producto son los alquitranes, debido a que fue con éste producto que se obtuvo mucha experiencia y se desarrollaron técnicas en la realización de las primeras pavimentaciones, experiencia que después serviría de mucho para trabajar con las emulsiones asfálticas. Las emulsiones aparecieron en el mercado a principios del siglo XX en diferentes lugares y con usos muy variados, siendo las emulsiones aniónicas las primeras en ser utilizadas. Hay referencias de aplicaciones en América y Europa. En América se usó en Nueva York en 1905, en 1914 en el estado de Indiana se comenzó a realizar trabajos de reparación de caminos empleando estas emulsiones aniónicas. En Europa los primeros ligantes utilizados en carreteras fueron alquitranes (se considera el año 1854 como el año en el que se realizó la primera pavimentación de carreteras, en la plaza Sallinis en Auch (Gers, Francia), utilizando alquitrán fluido procedente de una fábrica de gas).

(1)

Es menos segura la fecha de realización del primer riego con una verdadera emulsión directa de asfalto en agua. Los primeros ensayos de dispersiones de aceites pesados de petróleo, o de aceite de nafta en agua fueron realizados en los primeros años del siglo XX: Un impulso grande fue aportado por un médico suizo, el doctor Guglieminetti, a partir de las experiencias realizadas en Mónaco en marzo de 1902. Se habla de la aplicación en 1903, en Beaulieu-sur-Mer

(Alpes Marítimos, Francia) de aceites pesados de petróleo emulsionado y saponificado con aguas amoniacales. En 1904 fue aplicado aceite de petróleo emulsionado sobre el circuito de las Ardenas para evitar accidentes debidos a las nubes de polvo originadas por las carreras de automóviles, para este año en Francia las superficies alquitranadas eran alrededor de 360, 000 m<sup>2</sup>.<sup>(1)</sup>

El Congreso Internacional de la Carretera se celebró por primera vez en París en octubre de 1908 en presencia de representaciones de 37 países. Es pues en este entorno de ideas y conocimientos cuando el químico inglés Hugh Alan Mackay presentó una patente (el 9 de mayo de 1922) sobre la emulsión de asfalto. Se puede decir que este acontecimiento marcó el punto de salida de una nueva generación de ligantes de carreteras que, en unos pocos años, iba a cambiar profundamente la técnica de los tratamientos superficiales. Cien toneladas de emulsión fueron aplicadas en la Francia metropolitana en 1923. El año siguiente, se consumieron 2.500 toneladas, y 6.000 toneladas en 1925. A nivel mundial sucedió una cosa parecida: se estima que a finales de 1926 la producción total acumulada de los cinco países que poseían plantas de fabricación (Inglaterra, Alemania, Dinamarca, Australia y la India) era superior a las 150,000 toneladas. En el periodo comprendido entre las décadas de 1930 y 1950, hubo un lento pero firme crecimiento en el volumen de emulsiones utilizadas. En los años siguientes a la segunda guerra mundial, el volumen y las cargas de tránsito crecieron, pero los ingenieros viales comenzaron a reducir el empleo de emulsiones asfálticas, en cambio, especificaron mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico como ligante. En el plano de la técnica, en 1951 aparecen las emulsiones catiónicas.<sup>(1)</sup>

Teniendo en cuenta sus características propias, estas emulsiones reemplazaron rápidamente a las emulsiones aniónicas: en 1962, solamente 10 años después de los primeros ensayos, el 50% de las toneladas fabricadas eran catiónicas, y en 1971, se sobrepasó el 92%. El uso de las emulsiones asfálticas creció de manera relativamente

lenta, limitado por el uso del tipo de emulsiones asfálticas disponibles y por la falta de conocimientos sobre su correcta aplicación. El desarrollo ininterrumpido de nuevos tipos y grados, sumado a equipos de construcción y prácticas mejorados, ofrece ahora una amplia gama de elección. Virtualmente cualquier necesidad vial puede ser abordada con emulsiones asfálticas. La selección y el uso juiciosos pueden resultar en sustanciales beneficios económicos y ambientales. <sup>(1)</sup>

Subsecuentemente, varios factores han contribuido al interés en el uso de las emulsiones asfálticas: La crisis energética de comienzos de los años 70. El embargo de petróleo del Medio Oriente indujo a la Administración Federal de Energía de los E.E.U.U. de América (U.S. federal Energy Administración) a tomar medidas de conservación de la energía. Las emulsiones asfálticas no requieren la incorporación de un solvente de petróleo para ser líquidas. Además las emulsiones asfálticas pueden utilizarse en la mayoría de los casos sin necesidad de calentamiento. Ambos factores contribuyen al ahorro de energía. <sup>(1)</sup>

- Preocupación por reducir la polución atmosférica. Las emulsiones asfálticas eliminan hacia la atmósfera poco o nada de sustancias hidrocarbonadas.
- La capacidad de Ciertos tipos de emulsiones de recubrir la superficie de agregados húmedos. Esto reduce las necesidades de combustible para calentar y secar los agregados.
- La disponibilidad de una variedad de tipos de emulsión. Se han desarrollado nuevas formulaciones y técnicas de laboratorio mejoradas con el fin de satisfacer los requerimientos de diseño construcción.
- La posibilidad de utilizar materiales en frío en lugares remotos.
- La aplicabilidad de emulsiones en mantenimiento preventivo de pavimentos, incrementando la vida útil de pavimentos existentes ligeramente deteriorados. <sup>(15)</sup>

### **C. TEORÍA DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS**

En cuanto a las emulsiones asfálticas, éstas se obtienen cuando el asfalto es mecánicamente separado en partículas microscópicas y dispersadas en agua con un agente emulsivo. Las pequeñas gotas del asfalto se mantienen uniformemente dispersas en la emulsión hasta el momento en que ésta es utilizada. En la emulsión las moléculas del agente emulsivo se orientan rodeando a las gotitas de asfalto. La naturaleza química del sistema emulsivo (asfalto/agua) determina las características de la dispersión y la estabilidad de la emulsión, cuando se utilizan las emulsiones en una obra, el agua se evapora, quedando el agente emulsivo retenido en el asfalto. <sup>(6)</sup>

Como ya se había mencionado dentro de una emulsión los líquidos que la forman representan dos fases, la fase dispersa o discontinua y la fase dispersante o continúa. A partir de estas fases tenemos que mencionar que existen dos tipos de emulsión según la concentración de cada una de esas fases:

- Las emulsiones directas: son aquellas en las que la fase hidrocarbonada está dispersa en la parte acuosa.
- Las emulsiones inversas: son aquellas en las que la fase acuosa está dispersa en la fase hidrocarbonada. <sup>(6)</sup>

Las emulsiones que utilizamos en la industria de las carreteras son las directas. Y es preferible su utilización debido a su baja viscosidad a temperatura ambiente. Por razones de simetría en la acción capilar, los glóbulos de asfalto de la emulsión son de forma esférica. El tamaño promedio del glóbulo de asfalto es de 2 a 6 micras, tan pequeño que hace aumentar la superficie de contacto del asfalto. Favoreciendo el humedecimiento, distribución y cohesión con el material pétreo. <sup>(10)</sup> A continuación podemos analizar su dispersión, en la cual nos podemos percatar de la facilidad que representa una emulsión en el recubrimiento de los agregados:

El área de un centímetro cúbico de cemento asfáltico, en forma de cubo tendría 6 cm<sup>2</sup> de superficie.  $1 \times 1 \times 6 = 6 \text{ cm}^2$ .

Considerando esférico a un glóbulo de asfalto, con diámetro promedio de 4 micras, su volumen será:

$$V = \frac{d^3 \times \pi}{6} = \frac{4^3 \times \pi \times 10^{-12}}{6} = 33.51 \times 10^{-12} \text{ cm}^3.$$

El número de glóbulos existentes en un centímetro de cemento asfáltico sería:

$$N = \frac{1}{V} = \frac{1}{33.51 \times 10^{-12}} = 2.9842 \times 10^{10}$$

La superficie de un glóbulo sería:

$$S = d^2 \times \pi = 4^2 \times 3.1416 \times 10^{-8} = 50.2656 \times 10^{-8} \text{ cm}^2.$$

La superficie total de ese centímetro cúbico sería:

$$A = N \times S = 2.9842 \times 10^{10} \times 50.2656 \times 10^{-8}$$

$$A = 15,000 \text{ cm}^2.$$

De aquí que entre más pequeña sea el tamaño de la partícula, mayor será se capacidad para cubrir los materiales pétreos, en comparación con los rebajados o cementos asfálticos. <sup>(10)</sup>

#### **D. CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.**

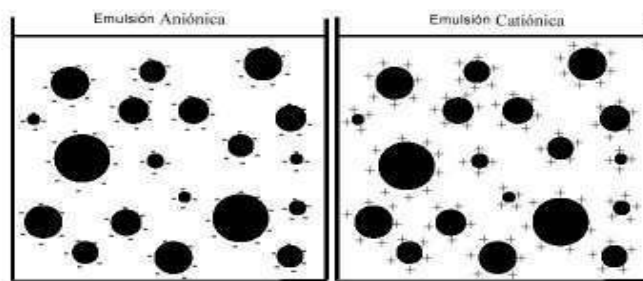
Los emulsificantes son compuestos orgánicos de peso molecular relativamente elevado (entre 100 y 300); tienen una parte hidrofóbica (generalmente es una cadena hidrocarbonada ya sea lineal o cíclica) que es soluble en el medio orgánico (en nuestro caso en el asfalto) y una parte hidrofílica (generalmente es un grupo polar de tipo orgánico o inorgánico), soluble en el medio acuoso. Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulgente usado. En este caso podemos hablar de tres tipos, aniónicas, catiónicas, y no iónica. En la práctica, las dos primeras son las más ampliamente



usadas en la construcción y mantenimiento de carreteras. Estas denominaciones aniónicas y catiónicas se refieren a las cargas eléctricas que rodean a las partículas de asfalto. Este sistema de identificación se basa en una ley de electricidad, que las cargas iguales se repelen y las cargas opuestas se atraen. <sup>(6)</sup>

**a) Emulsiones Aniónicas.-** En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad negativa a los glóbulos de asfalto, o sea que están cargados electro negativamente.

**b) Emulsiones Catiónicas.-** En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad positiva a los glóbulos de asfalto, o sea que están cargados electro positivamente.



**FIG. 2.21 Presentación Esquemática de una Emulsión Aniónica y Catiónica.**

**Fuente: Cea Carranza, David. (2009).**

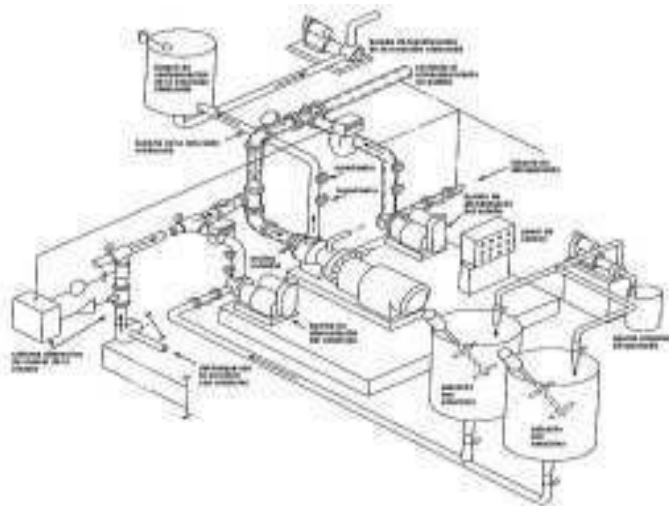
## **E. ELABORACIÓN DE EMULSION.**

### **a) Equipo de Emulsión.**

El equipo básico para preparar emulsiones incluye un dispositivo mecánico de alta velocidad de altas tensiones de corte (Usualmente un molino coloidal) para dividir el asfalto en pequeñas gotitas. Un diagrama de una típica planta de elaboración de emulsiones asfálticas se muestra en la figura 2.22. También se necesita un tanque para la solución del emulsivo y un tanque para el asfalto caliente, bombas, y medidores de caudal. El molino coloidal posee un rotor de alta velocidad (17-100 Hz ó 1000-6000 RPM) con gálibos de paso en el

orden de 0.25 a 0.50 mm. Típicamente, las gotitas de las emulsiones asfálticas tienen tamaños inferiores al diámetro de un cabello humano esto es alrededor de 0.001 a 0.010 mm. Comúnmente se emplean analizadores de tamaños de partículas para caracterizar la calidad de la emulsión.<sup>(4)</sup>

El tamaño de las gotas de asfalto depende la energía mecánica unitaria aplicada por el molino. Para medir las cantidades de asfalto y de solución emulsiva que ingresan en el molino coloidal se utilizan sendas bombas. Debido a que la solución emulsiva puede ser altamente corrosiva puede ser necesario emplear equipos construidos con materiales resistentes a la corrosión.



**FIG. 2.22 Diagrama de una Planta de Elaboración de Emulsión Asfáltica.**

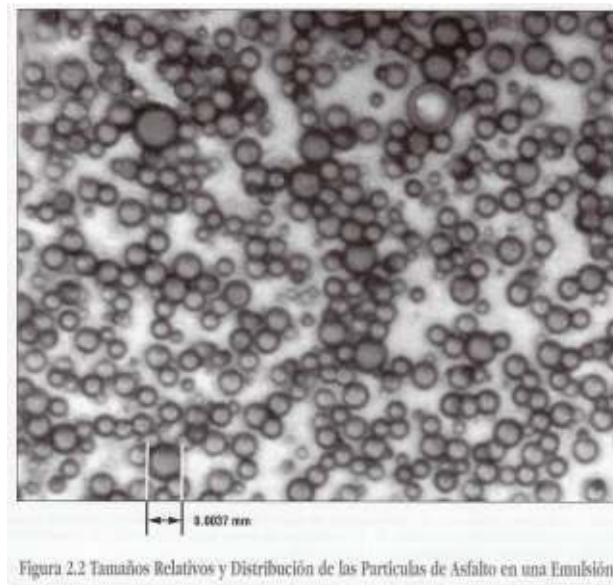
**Fuente: Cea Carranza, David. (2009).**

### **b) Proceso de Emulsificación.**

Durante el proceso de emulsificación, se alimenta el molino coloidal con asfalto caliente, el cual es dividido en pequeñas gotitas. Al mismo tiempo, se ingresa en el molino coloidal el agua conteniendo el agente emulsivo. El asfalto que ingresa en el molino coloidal se calienta para alcanzar una baja viscosidad; la temperatura del agua se ajusta para optimizar el proceso de emulsificación. Estas temperaturas varían, dependiendo de las características de emulsificación del cemento

asfáltico y de la compatibilidad entre el asfalto y el agente emulsivo. Debido a que la temperatura de la emulsión al abandonar el molino debe ser inferior al punto de ebullición del agua, el asfalto no se lleva a temperaturas extremadamente altas, al menos que se emplee un enfriador. Luego, la emulsión es usualmente bombeada a tanques de almacenamiento a granel. Estos tanques pueden estar equipados con agitadores mecánicos para mantener la uniformidad de la emulsión.

El método de incorporación del emulsivo al agua varía de acuerdo con el procedimiento empleado por el fabricante. Para ser solubles en agua, algunos emulsivos, como las aminas, deben mezclarse y reaccionar con el ácido; otros, como los ácidos grasos, deben mezclarse y reaccionar con un álcali. La mezcla de emulsivo se hace comúnmente en un tanque de mezclado por pastones. El emulsivo es incorporado al agua caliente al agua caliente que contiene ácidos o álcali, y es agitado hasta su completa disolución. Las proporciones de asfalto y de solución emulsificante deben medirse con exactitud. Esto se hace normalmente con medidores de caudal; pero también pueden controlarse las proporciones verificando la temperatura de cada fase y la descarga del molino. Si se usa el método de regulación de temperatura, a partir de los componentes se calcula la temperatura deseada de salida de la emulsión ya elaborada; así se controla el porcentaje de contenido de asfalto. El tamaño de las partículas de asfalto es un factor vital en la elaboración de una emulsión estable. Una fotografía a nivel microscópico de una típica emulsión (ver figura 2.23) pone en evidencia estos promedios de tamaños de partículas.<sup>(11)</sup>



**FIG. 2.23 Tamaños relativos y distribución de las partículas de asfalto en una emulsión.**

**Fuente: Cea Carranza, David. (2009)**

Menor de 0.0001 mm (1 $\mu$ m).....	28%
0.001 – 0.005 mm (1 – 5 $\mu$ m).....	57%
0.005 – 0.010 mm (5 – 10 $\mu$ m).....	15%

Esta gotitas de asfalto de tamaño microscópico se dispersan en el agua en presencia del emulsivo tensio-activo (surfactante). El surfactante produce un cambio en la tensión superficial en el área de contacto entre las gotitas de asfalto y el agua, permitiendo así que el asfalto permanezca en suspensión. Las partículas de asfalto, todas con similares cargas eléctricas, se repelen entre sí, lo que ayuda a mantenerlas suspendidas.<sup>(9)</sup>

## **F. USO GENERALES DE LAS EMULSIONES**

Cada grado de emulsión asfáltica ha sido diseñado para usos específicos, usado ampliamente en la construcción, entre los que destacan:

- Juntas para pavimentos hidráulicos.
- Adhesivos.
- Selladores.
- Impermeabilizantes.

- Para tratamientos superficiales, para pavimentos asfálticos, en carreteras y Aeropistas.
- Riegos de impregnación.
- Riegos de imprimación o penetración.
- Riegos negros con emulsión diluida.
- Riegos de liga.
- Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada.
- Lechada asfáltica o slurry seal (sólo con emulsiones asfálticas).
- Bacheo.
- Mezcla cerrada y mezcla abierta.
- Grava - emulsión y arena – emulsión.

En tabla 2.6 muestra los usos generales de tipos y grados normalizados de emulsiones asfálticas.

**a) Emulsiones de Rotura Rápida (Rapid - Setting).**

Los grados de rotura rápida se han diseñado para reaccionar rápidamente con el agregado y revertir de la condición de emulsión a la de asfalto. Se usan principalmente para aplicaciones de riego, con sellos de arena, etc. Los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 (de rotura rápida) son de alta viscosidad para evitar el escurrimiento. <sup>(7)</sup>

**b) Emulsiones de Rotura Media (Médium - Setting).**

Las emulsiones de rotura media se diseñan para ser mezcladas con agregados. Debido a que estos grados de emulsiones se formulan para no romper inmediatamente después del contacto con el agregado, ellos pueden atizarse para recubrir una amplia variedad de agregados graduados. Las mezclas con emulsiones de rotura media pueden mantenerse trabajables por lapsos que van de algunos minutos a varios meses, según las formulación. Las mezclas se elaboran en la mezcladora o en plantas ambulantes o en el camino. La emulsión de alta flotación (high float) es una clase especial de emulsión aniónica de rotura media. <sup>(7)</sup>

### c) Emulsiones de Rotura Lenta (Slow - Setting).

Los grados de rotura lenta se diseñan para lograr mezclas estables. Se emplean con granulometrías cerradas, con alto porcentaje de finos. Todos los grados de rotura lenta tienen baja viscosidad, que pueden ser aún más reducida con la incorporación de agua. Diluidos, estos grados pueden también ser usados para riegos de liga y riego pulverizado y como paliativos de polvo. <sup>(7)</sup>

**TABLA 2.6 Uso Generales de las Emulsiones Asfálticas.**

Tipo de Construcción	ASTM D977 AASHTO M208							ASTM D2397 AASHTO M 140							
	RS-1	RS-2	HFRS-2	MS-1, HFMS-1	MS-2, HFMS-2	MS-2h, HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1	SS-1h	CRS-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
<b>Mezclas de Asfalto y Agregados:</b>															
Mezcla en Planta (en Caliente)						X <sup>a</sup>									
<b>Mezcla en Planta (en Frio)</b>															
Granulometría Abierta				X	X						X	X			
Granulometría Cerrada						X	X	X						X	X
Arena						X	X	X						X	X
<b>Mezclado In-situ</b>															
Granulometría Abierta				X	X						X	X			
Agregado bien Graduado						X	X	X						X	X
Arena						X	X	X						X	X
Suelo Arenoso						X	X	X						X	X
<b>Aplicaciones de Asfalto y Agregado</b>															
Tratamientos Superficiales (Simple y Múltiple)	X	X	X							X	X				
Sellado con Arena (Sand Seal)	X	X	X	X						X	X				
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)						X	X	X						X	X
Micro-aglomerado (Micro-surfacing)															X <sup>f</sup>
Sellado Doble (Sandwich Seal)		X	X								X				
Cape Seal		X									X				
<b>Aplicaciones Asfálticas</b>															
Riego Pulverizado (Fog Seal)				X <sup>g</sup>				X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>					X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>
Imprimación (Prime Coat)					X <sup>b</sup>			X <sup>b</sup>	X <sup>b</sup>					X <sup>b</sup>	X <sup>b</sup>
Riego de Liga (Tack Coat)				X <sup>b</sup>				X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>					X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>
Paliativo de Polvo (Dust Palliative)								X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>					X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>
Protección con Asfalto (Mulch treatment)								X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>					X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>
Sellado de Fisuras (Crack filler)								X	X					X	X
<b>Mezclas de Mantenimiento</b>															
Uso Inmediato							X				X	X			
Acopio							X								

<sup>a</sup> pueden emplearse otros grados que el HFMS-2h cuando la experiencia demuestra que han tenido un comportamiento satisfactorio.  
<sup>b</sup> diluido en agua por el fabricante  
<sup>c</sup> diluido con agua  
<sup>d</sup> mezclado sólo para imprimación  
<sup>e</sup> el polímero debe incorporarse durante o previamente a la emulsificación

e: González Escobar, Wilfredo. (2007).

### 1.3. ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

La emulsión asfáltica, una dispersión de finas gotitas de cemento asfáltico en agua, tiene las ventajas y desventajas propias del medio de dispersión, el agua. Cuando se almacenan emulsiones asfálticas:

- Almacene la emulsión como almacenaría agua líquida - entre 10°C (50°F) y 85°C (185°F), dependiendo del uso buscado y del producto en cuestión.
- Almacene la emulsión a la temperatura especificada para el grado y aplicación particulares. La Tabla 2.7 muestra los rangos temperaturas normales para almacenamiento.
- No permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85 °C (185°F). Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica.
- No permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura de la emulsión, separando el asfalto del agua. El resultado será dos capas - una de asfalto, otra de agua- en el tanque, ninguna de las cuales será adecuada para el uso deseado; además, será difícil vaciar el tanque.
- No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100°C (212°F). De suceder esto, se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella.<sup>(6)</sup>

Grado	Temperatura, °C(°F)	
	Mínimo	Máximo
RS-1	20°(70°)	60°(140°)
RS-2, CRS-1, CRS-2, HFRS-2	50°(125°)	85°(185°)
SS-1, SS-1 h, CSS-1, CSS-1 h, MS-1, HFMS-1	10°(50°)	60°(140°)
CMS-2, CMS-2h, MS-2, MS-2h, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s	50°(125°)	85°(185°)

**Fuente: González Escobar, Wilfredo. (2007).**

Nota del Texto.: RS, rotura rápida; CRS, Catiónica de rotura rápida; HFRS, rotura rápida de alta flotación; SS, rotura lenta; CSS, catiónica de rotura lenta; MS, rotura media; HFMS, rotura media de alta flotación; CMS, catiónica de rotura media.

## **A. MANIPULACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICA**

Consideraciones a tomar en cuenta para la manipulación de emulsiones Asfálticas:

- Agitar suavemente agite suavemente, durante el calentamiento, la emulsión, para eliminar o reducir la formación de piel.
- Proteja las bombas, válvulas y tuberías del congelamiento en los meses invernales.
- Vacíe las bombas y haga el mantenimiento de los equipos según las recomendaciones del fabricante.
- Vacíe las cañerías y deje abiertas las salidas de drenaje cuando no están en servicio.
- Emplee bombas con apropiados pasos entre piezas para el manejo de emulsiones. Las bombas con mecanismos muy ajustados pueden atascarse y dejar de funcionar.
- Caliente la bomba hasta una temperatura de alrededor de 65°C (150°F) para facilitar el arranque.
- Verifique, al diluir la emulsión asfáltica, la compatibilidad del agua con la emulsión, haciendo una prueba sobre una pequeña cantidad.
- Emplee, de ser posible, agua caliente para la dilución, y siempre agregue el agua lentamente a la emulsión (y no la emulsión al agua).
- Evite el bombeo y la recirculación repetidos, ya que la viscosidad puede bajar y el aire puede quedar atrapado, causando la inestabilidad de la emulsión.
- Ubique las cañerías de ingreso y de retorno en el fondo de los tanques para evitar la formación de espuma.
- Bombee desde el fondo del tanque, para minimizar la contaminación por la eventual formación de piel.
- Recuerde que emulsiones designadas con el mismo grado pueden ser muy diferentes en lo que respecta a la química y al comportamiento.
- Para el transporte, utilice camiones con placas deflectoras, para evitar una excesiva agitación de la emulsión.



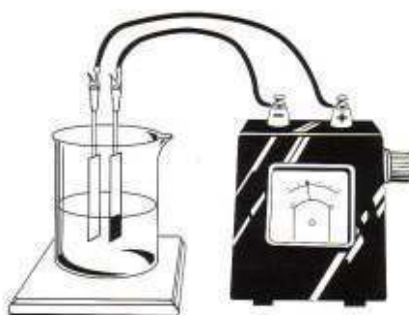
- Agite aquellas emulsiones que han estado almacenadas en forma prolongada. Ello puede hacerse por recirculación.
- No mezcle diferentes clases, tipos y grados de asfaltos emulsionados en tanques de almacenamiento, transportes, y distribuidores.
- No aplique excesiva temperatura a los collarines o recubrimientos de la bomba. Esta puede dañarse.
- No diluya emulsiones asfálticas de rotura rápida en agua. Las emulsiones de rotura media y lenta pueden ser diluidas, pero siempre agregando lentamente agua a la emulsión asfáltica. Nunca agregue la emulsión asfáltica al tanque de agua cuando se está diluyendo.
- No cargue emulsiones asfálticas en tanques de almacenamiento o transporte, auto-tanques, o distribuidores con residuos de materiales incompatibles.
- No exponga la emulsión asfáltica o el aire en contacto con su superficie a llamas, calor o potentes oxidantes. Se requiere adecuada ventilación.
- Evite respira gases, vapores, entre otros.
- Obtenga por parte del proveedor una copia de la planilla de datos de seguridad del material. Lea dicha planilla cuidadosamente y siga sus indicaciones.<sup>(15)</sup>

## **B. ENSAYOS SOBRE EMULSIONES ASFALTICAS**

Una adecuada manipulación de la muestra es importante para lograr resultados de ensayos que sean válidos. La emulsiones asfálticas se laboran en caliente, algunas son almacenadas en caliente, y algunas son transportadas y aplicadas en caliente. Las muestras en caliente recogidas en campo son a menudo enviadas al laboratorio a temperatura ambiente. Las muestras de emulsiones asfálticas con requisitos de viscosidad a 50°C deben ser calentada hasta alcanzar una temperatura de  $50 \pm 3$  °C en un baño de agua a 70°C o en una estufa. Las muestras deben ser removidas, no agitadas, para asegurar homogeneidad.<sup>(3)</sup>

### a) Ensayo de Carga de las Partículas.

El ensayo de carga de las partículas es utilizado para identificar emulsiones catiónicas. Para su realización, se sumergen, en una muestra de la emulsión, un electrodo positivo (ánodo) y un electrodo negativo (cátodo); se conectan ambos a una fuente eléctrica de corriente continua controlada (Ver Figura 2.24). Finalizando el ensayo, se observan los electrodos para determinar si en el cátodo se ha depositado una apreciable capa de asfalto. De ser así, se trata de una emulsión catiónica. <sup>(3)</sup>



**FIG. 2.24 Ensayo de Carga de Partículas.**

**Fuente: Cea Carranza, David. (2009).**



**FIG. 2.25 Ensayo de Carga de Partículas.**

**Fuente: Cea Carranza, David. (2009).**

### b) Viscosidad de la Emulsión.

La viscosidad es definida como la resistencia de un fluido a fluir. Para emulsiones asfálticas, el ensayo de viscosidad Saybolt Furol (Figura 2.25) es utilizado como una medida de la viscosidad. Los resultados Se expresan en segundos Saybolt Furol. Dependiendo

del tipo de emulsión. El ensayo se realiza a una de dos temperaturas, 25o C (77o F) o 50o C (122o F).<sup>(3)</sup>

### **c) Ensayo de Desemulsión.**

El ensayo de desemulsión indica la velocidad relativa a la que los glóbulos de asfalto coloidales de una emulsión asfáltica de rotura rápida, romperán cuando se extienden en finas películas sobre suelo o agregado. El cloruro de calcio provoca la coalescencia de los minúsculos glóbulos de asfalto presentes en una emulsión asfáltica aniónica. Se mezcla completamente una solución de cloruro de calcio y agua con una emulsión de rotura rápida: la mezcla se vierte a través un tamiz para determinar el grado de coalescencia de los glóbulos de asfalto. Las especificaciones prescriben la concentración de la solución y la mínima cantidad de asfalto a ser retenida por el tamiz (usualmente, el 60%). Es de esperar que las emulsiones de rotura rápida rompan casi inmediatamente luego de entrar en contacto con el agregado, como en el caso de los tratamientos superficiales. Un ensayo similar se realiza sobre emulsiones catiónicas de rotura rápida. Sin embargo, aquí se prefiere una solución de dioctyl-sulsuccinato de sodio a la solución de cloruro de calcio.<sup>(11,8,4)</sup>

### **d) Ensayo de Identificación de Emulsiones Catiónicas de Ruptura Rápida.**

Este es un ensayo recientemente normalizado (ASTM D 244) que ha reemplazado al ensayo de clasificación. Al igual éste, consiste en el recubrimiento de arena silícea. En este nuevo ensayo, la arena es primero lavada con ácido clorhídrico y alcohol isopropílico, pero, a diferencia del ensayo de clasificación, no se emplea cemento Portland. La emulsión se mezcla con la arena durante dos minutos. Al finalizar el lapso de mezclado, un exceso en el área sin recubrir comparada con el área recubierta es considerado evidencia de que se trata de una emulsión catiónica de rotura rápida.<sup>(3)</sup>

#### **e) Identificación de Emulsiones Catiónicas De Ruptura Lenta.**

Este es también un ensayo relativamente nuevo (ASTM D 244), que se emplea si el resultado del ensayo de carga de las partículas no es concluyente. Se lava y luego se seca una determinada cantidad de arena silícea; se la mezcla con una determinada cantidad de emulsión catiónica de rotura lenta, hasta que los agregados estén completamente recubiertos. La cantidad de emulsión en la mezcla debe ser el 5% del peso total de arena. La mezcla se cura durante 24 horas y luego se la coloca en un vaso de precipitado con agua destilada hirviendo. Luego de 10 minutos, la muestra se coloca sobre una superficie plana y se observa el recubrimiento. Si el recubrimiento supera el 50%, de la mezcla total, se considera evidencia de que se trata de una emulsión catiónica de rotura lenta.<sup>(3)</sup>

#### **f) Ensayos de Sedimentación Y de Estabilidad Para Almacenamiento.**

Estos ensayos ponen de manifiesto la estabilidad de la emulsión durante el almacenamiento. Ellos detectan la tendencia de los glóbulos de asfalto a sedimentar a lo largo de un período de tiempo. Un dado volumen de emulsión se deja reposar en una probeta graduada durante un lapso especificado (cinco días para el ensayo de sedimentación y 24 horas para el ensayo de estabilidad para almacenamiento), Luego se toman muestras del fondo y de la superficie de la probeta. Cada muestra se coloca en un vaso de precipitado y es pesada y calentada hasta evaporar el agua. Luego se pesa el residuo. Los pesos obtenidos se utilizan para hallar la diferencia, si la hay, entre los contenidos de residuo asfáltico de las fracciones superior e inferior de la probeta. Dicha diferencia es una medida de la sedimentación. Muchas agencias (vialidades estatales) aceptan el ensayo de 24 horas de duración; otras exigen el ensayo de cinco días.<sup>(3)</sup>

#### **g) Ensayo de Mezcla con Cemento.**

El ensayo de mezcla con cemento representa para las emulsiones asfálticas de rotura lenta lo que el ensayo de desemulsión para las emulsiones de rotura rápida. En la obra, las emulsiones de rotura lenta son a menudo mezcladas con materiales finos y agregados con polvo. En este ensayo, una muestra de emulsión asfáltica se mezcla con cemento Portland finamente molido; la mezcla se lava sobre un tamiz de 1.40 mm de abertura (No 14). Las especificaciones limitan la cantidad de material retenido en el tamiz. El resultado del ensayo indica la capacidad de una emulsión asfáltica de rotura lenta para mezclarse, Sin romper, con un material de alta superficie específica. <sup>(11,8,4)</sup>

#### **h) Ensayo de Tamiz.**

El ensayo de tamiz es otra forma de medir la calidad y la estabilidad de la emulsión. La retención de una excesiva cantidad de partículas de asfalto sobre un tamiz indica que puede haber problemas en la manipulación y aplicación del material. En este ensayo, una muestra representativa de emulsión asfáltica es vertida a través de un tamiz de 850 mm (No 20). En el caso de emulsiones aniónicas, el tamiz y el asfalto retenido son lavados primero con una solución débil de oleato de sodio y luego con agua destilada. Para emulsiones catiónicas, el lavado solo se hace con agua destilada. Luego del lavado, el tamiz y el asfalto se secan en estufa, determinándose el peso del asfalto retenido. <sup>(11,8,4)</sup>

#### **i) Capacidad de Recubrimiento Y Resistencia al Agua.**

Este ensayo tiene tres propósitos. Determina la capacidad de una emulsión asfáltica a: (1) recubrir el agregado completamente, (2) resistir el efecto del mezclado mientras permanece como una película sobre los agregados y (3) resistir la acción de lavado del agua una vez finalizada la mezcla. Este ensayo se emplea principalmente para identificar a las emulsiones asfálticas de rotura media adecuada para mezclarse con agregados gruesos calcáreos.

Este ensayo no es aplicable a emulsiones asfálticas de roturas rápida o lenta. El agregado patrón es recubierto con polvo de carbonato de calcio y luego mezclado con la emulsión asfáltica. Aproximadamente la mitad de la mezcla es colocada sobre un papel absorbente, para un examen visual del área de agregado recubierta por la emulsión asfáltica. El resto de la mezcla es rociado con agua, y lavado hasta que el agua corra clara. Este material es colocado sobre un papel absorbente, y se examina su recubrimiento. Se repite el ensayo y, en esta oportunidad, el agregado se moja en agua antes de agregar la emulsión; se mezcla, y luego se examina visualmente su capacidad de recubrimiento (buena, regular o pobre).<sup>(3)</sup>

#### **j) Ensayo de Recubrimiento en el Campo.**

Los ensayos de recubrimiento en el campo son realizados en el lugar del proyecto para determinar:

- La capacidad de una emulsión asfáltica para recubrir el agregado de la mezcla de diseño.
- La capacidad de la emulsión para resistir los efectos del mezclado.
- La resistencia al agua del agregado recubierto por la emulsión.

Se mezclan a mano cantidades dadas del agregado y de la emulsión de la mezcla de diseño. Se observa la capacidad del agregado a permanecer recubierto por la emulsión durante un ciclo de cinco minutos. La resistencia del recubrimiento al desprendimiento se determina llenado un recipiente con agua que contiene el material recubierto y vaciándolo cinco veces. Se examina visualmente y se califica el recubrimiento del agregado (bueno, regular o pobre). Una calificación de bueno significa que el material está completamente recubierto (excepto por orificios y bordes filosos). Una calificación de regular indica un predominio del área recubierta sobre el área descubierta. Una calificación de mala indica un exceso de área descubierta sobre el área recubierta.<sup>(3)</sup>

### **k) Residuo de Asfalto Y Destilado de Petróleo por Destilación.**

Mediante la destilación se separa el agua del asfalto. Si el material contiene destilado de petróleo, este será separado junto con el agua. Las proporciones relativas de cemento asfáltico, agua y destilado de petróleo en la emulsión pueden medirse una vez que la destilación ha finalizado. Sobre el residuo de cemento asfáltico pueden realizarse ensayos adicionales, con el objeto de determinar las propiedades físicas del asfalto de uso final. En la destilación de emulsiones asfálticas se emplea un alambique de aleación de aluminio y quemadores de anillo (Ver figura 2.26) normalmente, se realiza la destilación a una temperatura de 260°C, durante 15 minutos. Debido a que la emulsión en la obra rara vez alcanza dicha temperatura, vale señalar que ciertas propiedades del residuo pueden ser alteradas, como por ejemplo las propiedades elásticas aportadas por la modificación del asfalto, con polímeros. <sup>(3)</sup>

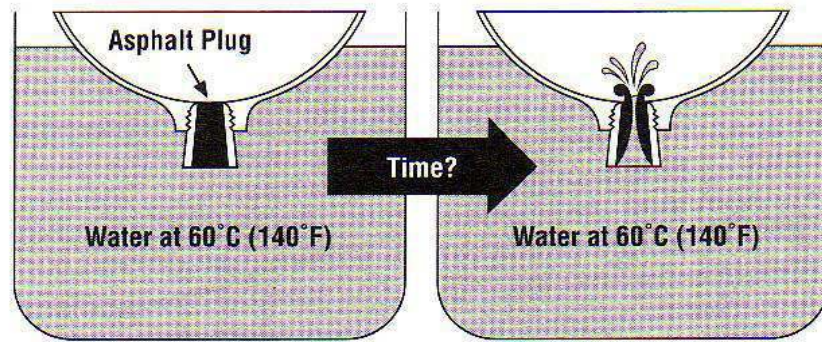
### **l) Residuo por Evaporación.**

El ensayo de evaporación en estufa se lleva a cabo en una estufa a una temperatura de 163°C durante tres horas. Este ensayo puede realizarse en lugar del ensayo de destilación, pero usualmente los valores de penetración y de ductilidad del residuo son menores que los correspondientes al residuo del ensayo de destilación. Puede prescindirse del ensayo de evaporación si sobre el residuo se realizara el ensayo de flotación. <sup>(11,8,4)</sup>



**FIG. 2.26 Ensayo de Destilación para Emulsión Asfáltica.**

**Fuente: Cea Carranza, David. (2009).**



**FIG. 2.27 Ensayo de Flotación.**  
**Fuente: Cea Carranza, David. (2009).**

## **1.4. ESTABILIZACIÓN DE BASES CON EMULSIÓN ASFÁLTICA**

### **A. DEFINICION Y DESCRIPCION**

Se definen las estabilizaciones con emulsiones asfálticas como la mezcla íntima de emulsión asfáltica, componente mineral constituido por suelo fino, arena o grava natural de granulometría similar o parecida a aquella se sub-base, agua y a veces aditivos, conformando un producto que se utiliza en capas de base para carretera. Por su estructura, este producto se incluye dentro de las mezclas densas en frío, dando lugar a la más elemental de ellas, al tratarse de combinar el ligante asfáltico de una emulsión con material o componente mineral el estado natural tendiendo dicha combinación como objetivo principal mejorar sus características resistentes. Como en todas las mezclas asfálticas en frío, el ligante redistribuye en forma de película continua envolviendo parcial o totalmente el componente mineral, tratando de lograr que este material alcance una resistencia apreciable tanto en seco como después de su inmersión en agua, disminuyendo su capacidad de absorción y aumentando su capacidad de cohesión, como consecuencia de la presencia del ligante asfáltico en el conjunto del producto resultante. <sup>(7)</sup>

En cualquier caso de los componentes minerales que se contemplan, dados que están constituidos por un alto porcentaje, de contenidos en finos, (características constantes de las



estabilizaciones), será necesaria la prehumectación del material para facilitar la dispersión uniforme del asfalto y poder lograr la envuelta de la película de ligante, ya que el porcentaje que se emplea del mismo es muy bajo, -del orden de 4 a 6%- si se tiene en cuenta la importante superficie específica a que da lugar el alto contenido en finos antes mencionado. Esta condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino, debe hacerse compatible con las propiedades permeables de la mezcla, ya que es necesaria una cierta porosidad de la misma, para que sea posible la eliminación del agua de mezclado y compactación. <sup>(7)</sup>

Las características resistentes de estas estabilizaciones se fundan especialmente en la cohesión del metal conseguida por la película de ligante, y en cuanto a su comportamiento en obra, dichas características resistentes evolucionan con el tiempo, - como es usual en las mezclas densas -, teniendo gran influencia en este posterior comportamiento:

- El equipo de mezclado que ha de conseguir una eficiente distribución, homogénea y uniforme del ligante durante la etapa del mezclado.
- El equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada para conseguir una mínima cantidad de fluidos.
- Las condiciones climáticas en las que se lleva a cabo la ejecución y puesta en obra del producto, ya que será necesaria una eliminación previa de parte de los fluidos requeridos para el mezclado de la emulsión y componente mineral, hasta llegar a la mínima cantidad de fluidos antes citada, precisa para compactación. <sup>(7)</sup>

A lo que hay que añadir como de máxima importancia, en el caso del empleo de suelos estabilizaciones:

- La disgregación de dicho suelo en una forma suficientemente eficaz, para facilitar la distribución homogénea y uniforme del ligante sobre el material. Como puede deducirse de todo

lo anterior se tratará, a efectos de resistencia, de correlacionar los parámetros:

- Humedad para compactación.
- Energía de compactación requerida o disponible.
- Densidad en obra. <sup>(7)</sup>

Teniendo en cuenta las características del componente mineral por si solo y las correspondientes al producto resultante de su combinación con diferentes contenidos de emulsión. El comportamiento de la mezcla a efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad será función de densidad, ya que, dependiendo de esta, variara el porcentaje de vacíos y en consecuencia, la permeabilidad y la posibilidad de la acción directa del agua sobre el ligante, causa del envejecimiento del mismo, y por tanto de la pérdida de estabilidad del conjunto y de sus cualidades resistentes.<sup>(7)</sup>

## **B. CAMPO DE APLICACIÓN**

La técnica de las estabilizaciones con emulsión presenta grandes mejoras y ventajas, comparativamente consideradas con las estabilizaciones con otros productos asfálticos o de otras clases. Por una parte, se confiere a un material, que quizá no tuviera aprovechamiento para su utilización en carretera, unas propiedades importantes desde el punto de vista de sus características recientes, que, podría decirse le eleva un apreciable escalón dentro del rango de las citadas utilidades. <sup>(5)</sup>

Por otra, puede dar la oportunidad de tratar una problema de difícil solución, en una zona carente de recursos pétreos a distancias económicas, con una unidad de obra que debido a sus características de flexibilidad y adaptación a los movimientos de las capas inferiores, presenta un comportamiento más adecuado que otras unidades de parecida ejecución, tales como las estabilizaciones con aglomerantes hidráulicos, o claramente más económicas y fáciles de ejecutar que aquellas realizadas con otros productos asfáltico. Por ejemplo, del tipo

de ligantes fluidificados, en los que la eliminación de los solventes frecuentemente no resulta nada fácil. <sup>(5)</sup>

En última instancia, su aplicación en reciclados de pavimentaciones y refuerzos, hace de ellas una unidad de obra muy estimable en el aprovechamiento de materiales tratados o sin tratar existentes en la carretera, proporcionándoles una ligazón mediante el componente asfáltico preciso, o por aportación, además, de nuevo material pétreo que permita encajar el conjunto dentro de las especificaciones recomendadas por la experiencia. En términos generales, el campo de aplicación es están amplio como se quiera pero referido a casos particulares en los que el criterio ingenieril tiene una importancia decisiva, en la consideración de los factores a tener en cuenta en todos sus aspectos técnicos, económicos, de seguridad, etc. Este criterio ingenieril tratara se evaluar la mejora de la características resistentes conferidas a la mezcla, teniendo en cuenta que se aprovecha un determinado material de calidad frecuentemente mediocre, y por tanto la mejora será relativa utilizando para conseguir esta mejora productos caros como los derivados de los hidrocarburos. <sup>(5)</sup>

Hasta qué punto esta operación resulta económica factible será la cuestión a resolver, puesto que algunos casos aunque la mejora será relativa, puede ser muy suficiente en relación con los resultados que se requieren, como puede ser el caso de pavimentación de los hombros, carreteras secundarias vías de comunicación imprescindible desde un punto de vista social. Sin embargo, en otros casos, la decisión puede que no sea tan sencilla de justificar si se trata por ejemplo de una situación donde es posible la adquisición de mejores componentes minerales aunque sea a un costo superior, para una vía en la cual, por su ubicación o condiciones geográficas de la zona, el pronóstico de transito estime un alto índice de crecimiento del mismo. Aparte de las condiciones expuestas o quizá como consecuencia de ellas, las estabilizaciones con emulsión tienen un campo de aplicación bien definido en aquellas ocasiones donde convergen los factores de:

- Escasez de recursos pétreos.
- Precios bajos de productos petrolíferos. <sup>(5)</sup>

En las que su utilización aporta soluciones claramente ventajosas unas veces, y otras, constituyen incluso, la única posibilidad económica de construcción de vías de acceso imprescindibles o necesarias. <sup>(5)</sup>

### **C. DISEÑO DE MEZCLAS**

Una vez que se ha decidido el uso de la estabilización de la base con emulsión asfáltica, es necesario abocarse al diseño de la mezcla propiamente dicha, que en este caso, como se ha mencionado anteriormente será una mezcla de suelo de subrasante con emulsión asfáltica. Diseñar una mezcla para la estabilización de la base consiste en determinar las cantidades de suelo y emulsión necesaria que permitan obtener un material, que compactado dinámicamente ofrezca determinadas características de durabilidad y resistencia. El proceso de diseño consiste en una serie de ensayos de laboratorio, para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, la cantidad de agua que se debe agregar y la densidad a la cual se debe compactar. Los ensayos a realizar tienen como objetivo obtener:

- La cantidad de emulsión asfáltica necesaria para lograr un material resistente y con propiedades que garanticen un determinado comportamiento.
- Las cantidades de agua necesarias para lograr la máxima densidad durante la compactación.
- La densidad a la cual debe compactarse la mezcla. <sup>(13)</sup>

Los ensayos de laboratorio necesarios para lograr los valores antes mencionados son numerosos y sencillos de realizar, todos ellos han sido normalizados por organismos como ASTM, AASHTO e MTC.

<sup>(13)</sup>

## D. FORMULA DE TRABAJO

La obtención de la fórmula de trabajo de laboratorio sigue las siguientes etapas:

- Caracterización de los materiales.

Se trata de definir los agregados a través de sus características, granulometría, equivalente de arena, plasticidad y su comportamiento, enfrentados a las diferentes emulsiones para proceder a la elección de la más adecuada.

- Contenido teórico del ligante. <sup>(5)</sup>

Se determinará a través de uno de los procedimientos siguientes:

**a) Método Gilly.-** Obtiene porcentaje de emulsión a emplear a través de la expresión siguiente:

$$E = \frac{0.43(0.05a + 0.10b + 0.5c)}{L}$$

Siendo:

E = % emulsión a emplear

a = % de material referido en el tamiz N° 10

b = % de material entre tamiz No. 10 y No. 200

c = % de material que pasa el tamiz No. 200

L = concentración del ligante en la emulsión

**b) Método Duriez.-** Determinar porcentaje de emulsión a emplear a través del cálculo de la superficie específica del material (S) a la expresión:

$$\%L = K\sqrt{S}$$

Siendo:

L = % ligante residual, del que puede obtenerse en % de emulsión dividiendo por la concentración en tanto por uno.

K = módulo de riqueza; 3-4 para estabilizaciones.

S = superficie específica del material. Esta última se obtiene a través de la siguiente expresión.

$$S = \sum \frac{(\% \text{retenido en tamiz} \times F.S.E.)}{100}$$

Con los valores de S. F. (factor de superficie específica) siguiente:

% RETENIDO EN TAMIZ ASTM	F. S. E.
¾"	0.11
½"	0.16
3/8"	0.22
Nº 4	0.35
Nº 8	0.71
Nº 30	1.99
Nº 200	11.14
Pasa Nº 200	130.0

**Fuente:** Elaboración propia en base a autores varios (2016).

### **E. CONTENIDO OPTIMO DE AGUA DE ENVUELTA**

Con diversas cantidades de agua de adición se determinaría que proporciona una vuelta uniforme y homogénea del ligamento, en estimación subjetiva. <sup>(10)</sup>

### **F. CONTENIDO OPTIMO DE AGUA DE COMPACTACION**

Con el componente mineral solo, se realice el ensayo Proctor Modificado para la determinación de fluidos correspondientes a la máxima densidad. Esta etapa diseño es crítica puesto que se pretende conseguir:

- Una distribución uniforme y homogénea del ligante sobre componente mineral.
- Mínima cantidad donde necesario proceso de compactación.
- Cohesión inicial suficiente para que no se produzca la rotura de la probeta al desmoldar. <sup>(10)</sup>

Como puede observarse, por lo ya comentado, son tres condiciones contradictorias, (especialmente las dos primeras) pero con el empleo de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura

controlada es posible llegar a un compromiso, que resulta de mayor interés conseguir, tanto desde el punto de vista de calidad como de la pronta apertura al tránsito. Por ello, resulta recomendable en éste punto, la ejecución de probeta testigos, (además del Proctor) como mínimo de fluidos de compactación. En todo caso, así como una húmeda próxima a la correspondiente a la máxima densidad, no es posible acercarse a una buena envuelta y distribución del ligante, y por consiguiente se emplea una humedad de envuelta superior, será necesario proceder a la aireación de la mezcla.<sup>(10)</sup>

### **1.5. ESTABILIDAD Y RESISTENCIA CONSERVADA (MATERIAL GRANULARES)**

El procedimiento a utilizar es el ensayo de acción del agua sobre la cohesión de mezclas densas bituminosas en frío (ensayo de inmersión-comprensión), que se define un mínimo numérico de la pérdida producida al comparar la resistencia a compresión simple de las probetas curadas al aire, con la correspondiente a probetas sometidas al acción del agua, manteniendo la humedad óptima y variando el contenido asfalto residual. Con moldes perforados para facilitar la evacuación de las agua de rotura, se fabrican probetas de 101.6mm que se someten a carga estática de 17,000kg. (210kg/cm<sup>2</sup>) durante dos minutos. Las probetas se someten a un período de curado de 14 días (la mitad de 14 días al aire, la otra mitad de siete días al aire y siete días en agua), siendo la curación al aire en cámara húmeda a 18°C y 50% de humedad, rompiéndose a velocidad constante de 1mm/seg).<sup>(12)</sup>

**a) Estabilidad, Absorción Y Expansión (Suelo).-** El procedimiento utilizar es el ensayo de " dosificación y ensayo de mezclas de suelo-emulsión", que define un mínimo de la resistencia a destrucción como absorción de agua e hinchamiento, sobre series de probetas variando por porcentaje de ligante asfálticos residual, el cual se estructura en la forma siguiente:

- Se fabrican series de probetas de 50. 8. mm. por 50.8 mm que se someten a carga estética de 6000 libras (2720 kg) durante dos minutos.
- Las probetas se someten a un período de curado de 7 días (la mitad aire libre y la otra mitad en agua hasta la mitad altura), a 25°C, procediéndose enseguida a extrusión a velocidad constante de 25 mm/min, previa predeterminación de la absorción e hinchamiento de las curadas en agua. La carga máxima de rotura determina la estabilidad.
  
- La elección del contenido de ligante a emplear tendrá en cuenta además la estabilidad, absorción e hinchamiento, la densidad de la mezcla obtenida anteriormente, pues como ya se ha mencionado, en principio una densidad baja puede dar lugar al envejecimiento prematuro y en consecuencia, a una pérdida más o menos inmediata de estabilidad.<sup>(12)</sup>

Como siempre, al tratar de mezclas densas en frío, esta formulación de laboratorio se corregirá en obra a la vista de las condiciones de humedad de los materiales, clima, equipos disponibles, etc.<sup>(12)</sup>

#### **1.6. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES A SER EMPLEADOS EN EL DISEÑO DE LA MEZCLA**

El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos, estas especificaciones han sido tomadas del Artículo 340, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Perú.



## A. SUELOS Y AGREGADOS

Los materiales por estabilizar podrán ser agregados pétreos o suelos naturales, cuyas características básicas se indican a continuación:

### a) Agregados Pétreos.

Los agregados podrán ser triturados, clasificados o una mezcla de ambos y deberán estar exentos de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial. Deberán cumplir, además, los siguientes requisitos:

- **Granulometría**

El agregado por estabilizar deberá presentar una gradación que se ajuste a alguna de las siguientes franjas:

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
Normal	Alternativo	BEE-1	BEE-2
37.5 mm	1 1/2"	100	.
25 mm	1"	70-100	100
12.5 mm	1/2"	50-80	60-90
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No. 4	30-60	30-60
2.36 mm	No. 8	20-45	20-45
425 µm	No. 40	10-27	10-27
150 µm	No. 100	5-18	5-18
75 µm	No. 200	3-15	3-15

Fuente: Elaboración propia en base a autores varios (2016).

- **Plasticidad**

La fracción inferior al tamiz de 425 µm (No.40), deberá presentar un índice plástico no mayor de siete (7).<sup>(9)</sup>

- **Resistencia a la abrasión**

El agregado a estabilizar con emulsión asfáltica deberá presentar un desgaste no mayor de cincuenta por ciento (50%) al ser ensayado en la máquina de Los Ángeles (norma de ensayo MTC E-218 o su equivalente ASTM-AASHTO).<sup>(9)</sup>

## b) Suelos.

Podrán emplearse suelos de grano fino que sean pulverizables o disgregables económicamente, que se encuentren exentos de cantidades perjudiciales de materia orgánica, arcilla plástica, materiales micáceos y cualquier otra sustancia objetable. Sus requisitos básicos son los siguientes:

### ▪ Granulometría

La granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar, deberá ajustarse a los siguientes límites:

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alterno	BEE-3
4.75 mm	No.4	100
75 $\mu$ m	No.200	5-25

Fuente: Elaboración propia en base a autores varios (2016).

### ▪ Plasticidad

El índice de plástico de la fracción que pasa el tamiz de 425  $\mu$ m (No.40), determinado según norma de ensayo MTC E-218 o su equivalente ASTM-AASHTO, no podrá ser mayor de siete (7).

(9)

### ▪ Equivalente de arena

De acuerdo con la clasificación del suelo por estabilizar, su equivalente de arena (norma de ensayo MTC E-133 o su equivalente ASTM-AASHTO) deberá estar comprendido dentro de los siguientes límites: i) Menor o igual a noventa (90) para los suelos A - 1 - b y ii) Entre veinte (20) y cuarenta (40) para los suelos A - 2 -4. (9)

**TABLA 2.8 Requisitos que Deben Cumplir las Emulsiones de Rotura Lenta.**

TIPOS DE EMULSIONES		ROTURA LENTA					
		CRL - 0		CRL - 1		CRL - 1h	
1. ENSAYO SOBRE EMULSIONES		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Viscosidad	E-763(*)						
		• Saybolt Furol a 25 C Seg	50	200		100	
• Saybolt Furol a 50 C Seg							
Contenido de agua en volumen	% E-761(*)		50		43		43
Estabilidad Almacenamiento	E-764(*)						
• Sedimentación a los 7 días		%	10	5		5	
Destilación	E-762(*)						
• Contenido de Asfalto Residual		%	40	57		57	
• Contenido de disolventes	%	10	20				0
Tamizado	E-765(*)						
• Retenido T 20 (850 µm)			0.1	0.1		0.1	
Rotura	E-766(*)						
• Dioctilsulfosuccinato sódico		%					
• Mezcla con cemento	% E-770(*)						2
Carga Partícula	E-767(*)	POSITIVA		POSITIVA		POSITIVA	
pH	E-768(*)		6		6		6
Recubrimiento del agregado y							
TIPOS DE EMULSIONES		ROTURA LENTA					
		CRL - 0		CRL - 1		CRL - 1h	
resistencia al desplazamiento	E-769(*)						
• Con agregado seco							
• Con agregado seco y acción del agua							
• Con agregado húmedo							
• Con agregado húmedo y acción del agua							
2. ENSAYOS SOBRE RESIDUO DE DESTILACION							
Penetración (25°C, 100gr, 5seg)	E-706(*)	200	300	60	100	60	100
0.1 mm.				100	250		
Ductilidad (25°C, 5cm/m)	cm. E-702(*)	40		40		40	
Solubilidad en tetracloruro de Carbono	% E-713(*)	97		97		97	

(\*): Ensayo equivalente ASTM o AASHTO.

**Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Sección 406-1.**

### c) Agua.

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Su pH, medido de acuerdo con norma de ensayo ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 y 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como SO<sub>4</sub> = y determinado según norma ASTM D-516, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l).<sup>(9)</sup>

## 1.7. EMULSIONES

Las emulsiones asfálticas están formadas de tres ingredientes básicos: cemento asfáltico (AC), agua y agente emulsivo. Como tal, las emulsiones deben cumplir con los requisitos estipulados en la sección 4.1.1.1 de este documento. Existen dos tipos de emulsiones: las aniónicas, las cuales tienen cargas electroquímicas negativas, y las catiónicas, con cargas electroquímicas positivas. Las emulsiones se clasifican de acuerdo al tiempo de fraguado de las mismas, siendo éstas RS, MS, SS y QS, que significan de fraguado rápido, medio, lento y ultra-rápido, respectivamente (Tabla VI).<sup>(11)</sup>

**Tabla VI. Especificaciones para emulsión asfáltica en tratamiento superficial.**

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en ° C
<b>Emulsiones asfálticas</b>		
-Aniónicas	AASHTO M 140	20-60
• RS-1		50-85
• RS-2		20-70
• MS-1		20-70
• HFMS-1	AASHTO M 208	50-85
-Cationicas		50-85
• CRS-1		50-85
• CRS-2		

**Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Sección 406-1.**

Adaptado de: Dirección General de Caminos. **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.** Sección 404-2.

Para sellos asfálticos, sellado de grietas, bacheo y riego de liga se cumplen las especificaciones que se encuentran en la tabla VII de esta sección. <sup>(11)</sup>

**Tabla VII. Requisitos para las emulsiones asfálticas.**

Tipo y grado de emulsión asfáltica	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
<u>Sello de brisa (Fog Seal) y Lechada asfáltica (Slurry Seal)</u>		
-Aniónicas	M 140	20-70
• SS-1, SS-1h	M 208	50-85
-Catiónicas		
• CSS-1, CSS-1h		
<u>Lechada asfáltica modificada con polímeros (Micro surfacing)</u>	M 208	20-70
-Catiónicas		
• CSS-1h		
<u>Sello ordinario (Sand Seal)</u>	M 140	20-60
-Aniónicas		20-70
• RS-1	M 208	50-85
• MS-1, HFMS-1		
-Catiónicas		
• CRS-1		

Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Sección 406-1.

### A. MATERIAL PÉTREO (AGREGADOS)

Los agregados se emplean combinados con asfaltos líquidos; constituyen del 88 al 96 % del peso, más del 75 % del volumen de las mezclas asfálticas. Los agregados en una mezcla asfáltica pueden ser gruesos (retenidos en tamiz No.8) y finos (pasan tamiz No. 8) variando las proporciones de cada uno de acuerdo con la granulometría requerida por el diseño. Los requisitos de los agregados se describen a continuación:

**a) Abrasión.-** La parte del agregado retenida en el tamiz número 4 (4.75 mm) no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 40 a 500 revoluciones, según la norma AASHTO T96. <sup>(4)</sup>

- b) Desintegración al sulfato de sodio.-** Al llevarse a cabo este ensayo, según la norma AASHTO T-104, el agregado no debe tener una pérdida de peso mayor al 15%. <sup>(4)</sup>
- c) Caras fracturadas y partículas planas o alargadas.-** No menos del 40 % por peso de partículas retenidas en el tamiz No. 4, debe tener por lo menos una cara fracturada, esto en el caso de que se utilice grava triturada. Además, no más del 15% en peso pueden ser partículas planas o alargadas. Estas deben tener una longitud mayor que cinco veces su espesor. <sup>(4)</sup>
- d) Impurezas.-** El agregado debe estar libre de cualquier tipo de impurezas que puedan afectar sus propiedades físicas, químicas o mecánicas, tales como materia vegetal, basura, arcilla, sustancias químicas nocivas, etc. <sup>(4)</sup>
- e) Graduación.-** El agregado que se utilice para ser combinado con el material bituminoso, debe cumplir con las características de graduación de acuerdo con las normas AASHTO T 27 y T 11, como se muestra en la tabla a continuación:

**Tabla VIII. Tipos de graduación para agregados de mezcla asfáltica:** Porcentaje de peso que pasa por un tamiz de abertura cuadrada, AASHTO T 27.

Tamiz Número	Estándar mm	Tipo A 1 1/2" max		Tipo B 1" max			Tipo C 3/4" maz			Tipo D 1/2" maz	
		A-1	A-2	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2
11/2	37.5	100	100								
1	25.0	90-100	70-100	100	100	100					
3/4	19.0	40-75	50-80	90-100	70-100	80-100	100	100	100		
3/8	12.5	10-35				70-90	90-100	70-100	80-100	100	100
3/8	9.5	5-25	25-50	20-55	35-60	60-80	40-70	45-75	70-90	70-100	80-100
4	4.75	0-20	10-30	0-10	15-35	50-70	0-15	20-40	50-70	20-40	55-75
8	2.36	0-10	5-20	0-5	5-20	35-50	0-5	5-20	35-50	5-20	35-50
30	0.600					19-30			18-29		18-29
50	0.300					13-23			13-23		13-23
100	0.150								8-16		8-16
200	0.075		0-4		0-4	0-8		0-4	4-10	0-4	4-10

**Fuente: Erick Rolando Anleu Hernández. Producción de mezclas asfálticas en caliente. Página 18.**

- f) Plasticidad.-** El porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25 %, según la norma AASHTO T 89, además, el equivalente de arena no debe ser menor que 40 %, según la norma AASHTO T 176. <sup>(4)</sup>
- g) Peso.-** El agregado debe tener una buena calidad en sus características físicas, tales como la densidad y la uniformidad y cumplir con un peso unitario mayor o igual de 70 lb/pie<sup>3</sup>, según la norma AASHTO T 19. <sup>(4)</sup>
- h) Resistencia al desvestimiento.-** Las partículas de agregados, al ser recubiertas completamente con el material bituminoso a usarse en la mezcla asfáltica, no deben presentar evidencia de desvestimiento, de modo que al practicarse el ensayo de inmersión en agua a 60 °C, según la Dirección General de Caminos, permanezcan más del 70 % de las partículas perfectamente cubiertas con el material bituminoso. <sup>(4)</sup>
- **Material secante para sello de fisuras.-** Cuando se realizan trabajos como sello de grietas o fisuras e imprimación se debe cumplir con ciertos requisitos para el material secante: las partículas deben ser duras, durables y fragmentadas de la trituración de grava o piedra o bien arena natural lavada, que cumplan con los siguientes requisitos: a) El porcentaje de material que pasa por la malla 9.5 mm debe de 100 %. (Tabla IX), b) El límite líquido, según la norma AASHTO T 89, no debe ser mayor de 25, c) Las partículas deben estar libres de materia orgánica o grumos de arcilla.

**Tabla IX. Granulometría para el material secante**

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje total que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)
9.50	20	100 %
4.25	4	90 – 100 %
0.075	200	0 – 7 %

**Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para la construcción de carreteras puentes.**

- i) **Material para el sellado de grietas o fisuras.**- El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar para el sello de grietas finas, será uno de los establecidos en la tabla siguiente:

**Tabla X. Requisitos para el material bituminoso.**

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en ° C
<b>Cementos asfálticos</b> Graduación por viscosidad AC-2.5 Graduación por penetración 200-300	AASHTO M 226 AASHTO M 20	> 130 > 130
<b>Emulsiones asfálticas</b> -Aniónicas • SS-1, SS-1h -Catiónicas • CSS-1, CSS-1h	AASHTO M 140  AASHTO M 208	20-70  20-70

**Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Sección 406-1.**

Cuando sean grietas medianas, el material utilizado debe ser del tipo elástico vertido en caliente y debe cumplir con los requisitos de AASHTO M 173 (ASTM D 1190). Se debe aplicar sobre un respaldo de esponja de polietileno Tipo 1 de acuerdo con lo indicado en ASTM D 3204. <sup>(4)</sup> El respaldo debe ser capaz de soportar la temperatura de aplicación del sellador sin derretirse. En el caso de las juntas, los materiales deben cumplir los requerimientos que se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla XI. Especificaciones de sellos para juntas**

Propiedades Físicas Prueba	ASTM	EPDM	Neopreno Masilla	Método de Butil
Tensión, Mpa	D142	10	12	-
Elongación, %	D142	440	230	280
Resistencia al Desgarre, N/mm	D 624 (molde B)	40	20	-
Rebote, %, 5 min. (mod)	C 972	-	-	11
Rebote, %, 2Hr.	C972			12

**Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Manual centroamericano de especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales. Sección 712-1.**



## **B. BASE GRANULAR**

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento. Los materiales utilizados en la base granular deben cumplir ciertos requisitos, que se describen a continuación:

- a) Valor soporte.-** Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193 de 70 para base, efectuado sobre una muestra saturada a 95 % de compactación determinada por el método AASHTO T 180. <sup>(4)</sup>
  
- b) Abrasión.-** La porción de agregado retenida en el tamiz 4.75 mm (N° 4), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones. <sup>(4)</sup>
  
- c) Partículas planas o alargadas.-** No más del 25% en peso del material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas. <sup>(4)</sup>
  
- d) Impurezas.-** El material de base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base granular puedan causar fallas en el pavimento. <sup>(4)</sup>
  
- e) Graduación.-** El material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, de los que se estipulan en la tabla XII. <sup>(4)</sup>

**f) Plasticidad y cohesión.-** El material de la capa de base granular, en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (N° 40), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la base, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T - 146. (4)

**Tabla XII. Tipos de graduación para material de base granular.**

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)					
		TIPO "A" (Sub-base) 50 mm (2") máximo	TIPO "A" (Base) 50 mm (2") máximo		TIPO "B" (Sub-base y Base) 38.1 mm (1 ½") máximo		TIPO "C" (Sub-base y Base) 25 mm (1") máximo
			A-1	A-1	A-2	B-1	B-2
50.0	2"	100	100	100			
38.1	1 ½"	-	-	-	100	100	
25.0	1"	60-90	65-90	60-85	-	-	100
19.0	¾"	-	-	-	60-90	-	-
9.5	⅜"	-	-	-	-	-	50-85
4.75	N° 4	20-60	25-60	20-50	30-60	20-50	35-65
2.00	N° 10	-	-	-	-	-	25-50
0.425	N° 40	-	-	-	-	-	12-30
0.075	N° 200	3-12	3-12	3-10	5-15	3-10	5-15

**Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Sección 304-1.**

**g) Equivalente de arena.-** El equivalente de arena no debe ser menor de 30 como para base, según AASHTO T 176. (4)

### **C. ENSAYOS PARA MATERIALES DE MEZCLA ASFÁLTICA**

**a) Ensayos para asfaltos.-** El asfalto, como cualquier otro material de construcción, debe cumplir con los requisitos mínimos para garantizar que sea de calidad y que el producto final, en este caso la mezcla asfáltica, cumpla con los requerimientos físicos y mecánicos. Estos requisitos se determinan a través de ensayos de laboratorio normados, que describimos a continuación. (4)

- b) Penetración.-** Este ensayo se utiliza para determinar la consistencia relativa de un cemento asfáltico midiendo la profundidad que una aguja normalizada penetra verticalmente en una muestra de asfalto, bajo estrictas condiciones de temperatura (25 °C), tiempo (5seg) y carga (100 gr). <sup>(4)</sup>
- c) Viscosidad.-** Midiendo el tiempo que se necesita para que fluya un volumen de asfalto bajo condiciones de temperatura y altura del líquido controlado, se determina la viscosidad cinemática, que a su vez determina el estado de fluidez de los asfaltos a las temperaturas de aplicación. <sup>(4)</sup>
- d) Punto de inflamación.-** El punto de inflamación de un asfalto es la temperatura a la que se puede calentar sin peligro de inflamación. Para determinar este punto se utiliza el ensayo en vaso abierto de Cleveland. En éste, un vaso abierto de latón se llena parcialmente de cemento asfáltico y se calienta a una velocidad establecida. Periódicamente se enciende una llama sobre la superficie de la muestra y se determina la temperatura a la que los vapores del cemento asfáltico producen una llama repentina. <sup>(4)</sup>
- e) Ductilidad.-** La ductilidad es una propiedad muy importante, ya que determina en gran parte la capacidad aglomerante de un cemento asfáltico. Por otra parte, si un asfalto tiene una ductilidad muy elevada, es más propenso a los cambios de temperatura. El ensayo consiste en colocar una probeta de cemento asfáltico, posteriormente se hace llegar a una temperatura normalizada y se somete a un alargamiento con una velocidad específica hasta que el hilo que une los dos extremos se rompe, la distancia entre los dos puntos mide la ductilidad. <sup>(4)</sup>
- f) Solubilidad.-** Se utiliza para determinar la pureza de un cemento asfáltico. Se sumerge la muestra en un solvente, las impurezas como las sales o contaminantes inorgánicos no se disuelven por lo que se filtran y se mide su cantidad. <sup>(4)</sup>

### 2.3. BASES LEGALES

Con los dispositivos y normas jurídicas enmarcadas en los D.S., Leyes, Artículos y Reglamentación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para la construcción, rehabilitación y conservación de carreteras en el Perú.

(12)

### 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **AGREGADO:** Material pétreo de composición mineralógica que se combina con el material cementante para formar el concreto asfáltico.
- **ASFALTO:** Producto derivado de los hidrocarburos que endurece por enfriamiento o evaporación de sus disolventes.
- **CARPETA ASFÁLTICA:** Capa de pavimento destinada a la circulación de vehículos que protege las capas inferiores y brinda comodidad y seguridad a los transeúntes.
- **CEMENTO ASFÁLTICO:** Hidrocarburos provenientes de los aceites lubricantes y los combustibles que sirve como aglutinante en el concreto asfáltico.
- **EMULSIÓN:** material formado por tres ingredientes básicos: cemento asfáltico, agua y agente emulsivo.
- **IMPRIMACIÓN:** Aplicación de riego por aspersion de un producto asfáltico rebajado de curado medio sobre la base granular, con el objetivo de conservar sus propiedades físicas y mecánicas.

## **CAPÍTULO III.**

### **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

**H<sub>0</sub>:** Nunca, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**H<sub>1</sub>:** Siempre, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

#### **3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- **HIPÓTESIS ESPECÍFICA “A”:**

**H<sub>0</sub>:** Nunca, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**H<sub>1</sub>:** Siempre, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

- **HIPÒTESIS ESPECÌFICA “B”:**

**H<sub>0</sub>:** Nunca, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**H<sub>1</sub>:** Siempre, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

- **HIPÒTESIS ESPECÌFICA “C”:**

**H<sub>0</sub>:** Nunca, las características físico – mecánicas son heterogéneas en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**H<sub>1</sub>:** Siempre, las características físico – mecánicas son heterogéneas en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

### **3.3. VARIABLES**

- **VARIABLE INDEPENDIENTE (x): EMULSIÓN ASFÀLTICA.**

Definición conceptual, definición operacional, dimensiones, indicadores, categorías diagnósticas, técnica e instrumentos, procedimientos, naturaleza, escala de medición y forma de medición.

- **VARIABLE DEPENDIENTE (y): TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.**

Definición conceptual, definición operacional, dimensiones, indicadores, categorías diagnósticas, técnicas e instrumentos, procedimiento, naturaleza, escala de medición y forma de medición.

#### **3.3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

**VARIABLE DEPENDIENTE (y): TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.**

**(CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE)**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR QUE ADOPTA LA VARIABLE – ÍTEMS																		
Conceptualmente se define como toda operación cuyo objeto es dotar al firme de determinadas características superficiales, sin pretender con ello un aumento apreciable en sus cualidades resistentes ni en general de su regularidad superficial, podría decirse que conforman una capa de “piel” o recubrimiento del firme.	Operacionalmente se define como “Riego Bicapa DTS” y que consiste básicamente en 7 etapas, siendo: a) Barrido de la superficie, b) Primer riego de ligante, c) Extensión de la primera capa de gravilla, d) Segundo riego de ligante, e) Extensión de la segunda capa de gravilla, f) Compactación neumática y g) Apertura al tráfico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riegos sin gravilla</li> <li>▪ Riegos con gravilla</li> <li>▪ Lechadas bituminosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Operaciones auxiliares o complementarias en el proceso de construcción o conservación del firme, se caracterizan por componerse únicamente de ligantes bituminosos.</li> <li>▪ Tratamientos superficiales por antonomasia, se componen de una mezcla de ligante hidrocarbonado y gravilla, empleándose para restituir las propiedades superficiales del firme e incluso como capa de rodadura en firmes rurales o de escaso tráfico rodado.</li> <li>▪ Compuestos formados por una mezcla de una emulsión bituminosa con áridos finos de granulometría estricta, consiguiendo un mortero de excelentes propiedades superficiales, su empleo está muy extendido, denominándose como <i>slurrys</i>.</li> </ul>	<p>Las categorías diagnósticas consideradas para el instrumento están basadas en las puntuaciones directas del instrumento y tomando como criterio que la máxima puntuación, revela determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p><b>Categorías Diagnósticas:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cat. Dx.</th> <th>Rango</th> <th>Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▪ Muy Alta</td> <td>17-20</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>▪ Alta</td> <td>14-17</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>▪ Media</td> <td>11-14</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>▪ Baja</td> <td>8-11</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>▪ Muy baja</td> <td>5-8</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Ítems:</b> a = 5, b = 4, c = 3, d = 2, e = 1. <b>Total</b> = 15 puntos. Escala de Licker</p>	Cat. Dx.	Rango	Puntaje	▪ Muy Alta	17-20	100	▪ Alta	14-17	80	▪ Media	11-14	60	▪ Baja	8-11	40	▪ Muy baja	5-8	20
Cat. Dx.	Rango	Puntaje																				
▪ Muy Alta	17-20	100																				
▪ Alta	14-17	80																				
▪ Media	11-14	60																				
▪ Baja	8-11	40																				
▪ Muy baja	5-8	20																				

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	PROCEDIMIENTOS	NATURALEZA	ESC. DE MEDICIÓN	FORMA DE MEDIR
<p><b>TÉCNICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Encuesta</li> <li>▪ Entrevista</li> <li>▪ Revisión documental</li> </ul> <p><b>INSTRUMENTOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficha de Encuesta</li> <li>▪ Guión de Entrevista</li> <li>▪ Formato de registro de datos</li> </ul>	Las técnicas e instrumentos de la investigación se han estructurado de acuerdo a establecer la metodología y diseño adecuado para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial en la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja - Región Junín.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variable: Cualitativa – Cuantitativa</li> </ul>	Nominal	Directa: Polítoma

**VARIABLE INDEPENDIENTE (x): EMULSIÓN ASFÁLTICA.**

**(CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE)**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR QUE ADOPTA LA VARIABLE - ÍTEMS																		
Se define conceptualmente como una mezcla de asfalto con emulsificantes que con el agua forman una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas “en frío”, es decir, a temperaturas menores de 100°C. Debido al mecanismo de fraguado, éstas emulsiones comúnmente no logran una estabilidad aceptable con el agregado pétreo del asfalto, por ello son aplicables principalmente en caminos secundarios.	Operacionalmente se define como la suspensión de pequeñas partículas de un producto asfáltico en agua o en una solución acuosa, con un agente emulsificante de carácter aniónico o catiónico, este proceso tiene como desventajas el tiempo de fraguado que éstas requieren, la complicada química y reología que se desarrolla en las emulsiones pues los compuestos químicos presentes en el asfalto como los asfaltenos y maltenos son variables y de diferente naturaleza química.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Producción</li> <li>▪ Almacenamiento</li> <li>▪ Rompimiento</li> <li>▪ Fraguado</li> <li>▪ Reactividad de agregados</li> <li>▪ Reactividad de la emulsión</li> <li>▪ Viscosidad</li> <li>▪ Ruptura y curado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dispersión mecánica a través de un molino coloidal.</li> <li>▪ Periodo de reposo para reducir su actividad dinámica.</li> <li>▪ Inicio de la separación del agua de la matriz.</li> <li>▪ Expulsión total del agua, el asfalto desarrolla sus propiedades.</li> <li>▪ Área y carga superficial (química superficial), química de finos minerales (cemento y cal) y temperatura – humedad – velocidad del viento.</li> <li>▪ Química del emulsificante (concentración), otros aditivos, viscosidad del asfalto y acidez del asfalto.</li> <li>▪ Relación entre la consistencia y la manejabilidad y que permanece dentro de los límites durante toda la vida de la emulsión.</li> <li>▪ Relación entre la Deposición y la Ruptura (proceso de inestabilidad de las emulsiones y que no puede ser más diluida).</li> </ul>	<p>Las categorías diagnósticas consideradas para el instrumento están basadas en las puntuaciones directas del instrumento y tomando como criterio que la máxima puntuación, revela determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p style="text-align: center;"><b>Categorías Diagnósticas:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Cat. Dx.</th> <th style="text-align: center;">Rango</th> <th style="text-align: center;">Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">▪ Muy Alta</td> <td style="text-align: center;">17-20</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">▪ Alta</td> <td style="text-align: center;">14-17</td> <td style="text-align: center;">80</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">▪ Media</td> <td style="text-align: center;">11-14</td> <td style="text-align: center;">60</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">▪ Baja</td> <td style="text-align: center;">8-11</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">▪ Muy baja</td> <td style="text-align: center;">5-8</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Ítems:</b> a= 5, b = 4, c = 3, d = 2, e = 1 <b>Total = 15 puntos.</b> Escala de Licker</p>	Cat. Dx.	Rango	Puntaje	▪ Muy Alta	17-20	100	▪ Alta	14-17	80	▪ Media	11-14	60	▪ Baja	8-11	40	▪ Muy baja	5-8	20
Cat. Dx.	Rango	Puntaje																				
▪ Muy Alta	17-20	100																				
▪ Alta	14-17	80																				
▪ Media	11-14	60																				
▪ Baja	8-11	40																				
▪ Muy baja	5-8	20																				

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	PROCEDIMIENTOS	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICIÓN	FORMA DE MEDIR
<p><b>TÉCNICAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observación</li> <li>▪ Entrevista</li> <li>▪ Encuesta</li> </ul> <p><b>INSTRUMENTOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficha de Observación</li> <li>▪ Guión de entrevista</li> <li>▪ Ficha de encuesta</li> </ul>	Las técnicas e instrumentos de la investigación se han estructurado de acuerdo a proporcionar un procedimiento de normas aplicables a la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variable: Cualitativa - Cuantitativa</li> </ul>	Nominal	Directa: Polítoma



## **CAPÍTULO IV.**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Por su finalidad de estudio el tipo de investigación de acuerdo a las variables propuestas y el objetivo general y específico de la investigación es de tipo: APLICADA – OBSERVACIONAL – COMPARATIVA.

#### **4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Por las características de las variables y la metodología aplicada pertenece al NIVEL BÁSICO.

#### **4.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.3.1. MÉTODO GENERAL**

En el presente trabajo de investigación se utilizó el MÉTODO CIENTÍFICO como método general. En la actualidad según Ander Ezequiel:

*“El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra ‘método’ ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos”<sup>2</sup>*

Y como método específico el ANALITICO – SINTETICO. Mediante el método de análisis se llegó a determinar que la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región

Junín. Y así mismo se hizo uso de los métodos técnicos y de planificación interpretativos, más conocido como Método Hermenéutico que a decir OSEDA Dulio, consiste en:

*“Los Métodos Hermenéuticos parten de hechos y fenómenos de la realidad, los mismos que previo un riguroso análisis se deslindan e interpretan, llegándose a propuestas y conclusiones individuales y colectivas”.*<sup>13</sup>

#### **4.3.2. MÉTODO ESPECÍFICO**

Se utilizó el: MÉTODO CUALITATIVO, en razón que los datos obtenidos, se tratan de datos descriptivos y susceptibles de interpretación, por ser datos categoriales y que se sometieron a un análisis estadístico, es decir establecer la metodología y diseño adecuado para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial en la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín. Asimismo mediante la observación se captó aquellos aspectos que son más relevantes al fenómeno o hecho a investigar; recopilando los datos que se estimaron pertinentes, por lo que los parámetros físicos / químicos del tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica, están en relación con las variables de estudio, correspondiendo al problema general planteado de la investigación.

#### **4.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño que se utilizó en el trabajo de investigación es CORRELACIONAL; de acuerdo a las dimensiones: Riegos sin gravilla, riegos con gravilla, y lechadas bituminosas para la variable: TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, así mismo las dimensiones: Producción, almacenamiento, rompimiento, fraguado, reactividad de agregados, reactividad de la emulsión, viscosidad, y ruptura / curado, para la variable: EMULSIÓN ASFÁLTICA; con una población de 60 personas especialistas.

## 4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 4.5.1. POBLACIÓN

La aplicación del trabajo de investigación se realizó en carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín, con una población muestral total de 60 personas.

### 4.5.2. MUESTRA

La muestra fue probabilística, para ello se tuvo que determinar el tamaño de la muestra que es como a continuación se explica:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{s^2(N-1) + z^2 \cdot p \cdot q}$$

Reemplazando:

$Z_0 = 1.96$  (límite de confianza)

$p =$  Probabilidad de acierto (80%)

$q =$  Probabilidad de no acierto (20%)

$N =$  Población total (60)

$e^2 =$  Margen de error (9%)

$1 - \alpha =$  Intervalo de confianza (90%)

Reemplazando:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.8)(0.20)(40)}{(0.09)^2 (39) + (1.96)^2 (0.8)(0.20)}$$

$$n = \frac{24.58624}{0.3159 + 0.614656} \quad \boxed{n = 36 \text{ (muestra)}}$$

Se empleó la técnica del muestreo intencional o criterial, porque empleando esta técnica se buscó que la población motivo de investigación sea representativa, asimismo en base a una opinión o intención particular del investigador con una muestra de 36 personas especialistas, correspondiente a la obra de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

#### 4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En primer lugar se tuvo en cuenta el análisis documental, donde se consideraron las fichas bibliográficas, de resumen, de párrafo; que nos sirvieron para estructurar el marco teórico referencial y conceptual. Asimismo se tuvo presente las no documentadas como son las: encuestas, y la ficha de observación propiamente dicha. En relación a la naturaleza del trabajo de investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

4.6.1. TÉCNICAS	4.6.2. INSTRUMENTOS	DATOS QUE SE OBSERVARON
Observación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fichas de observación.</li> </ul>	Nos permitieron determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.
Encuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fichas de encuestas.</li> <li>▪ Cuestionario de tratamiento superficial bicapa.</li> <li>▪ Cuestionario de emulsión asfáltica.</li> </ul>	Con la aplicación de estos instrumentos nos permitieron: Establecer la metodología y diseño adecuado para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial en la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín. Asimismo proporcionar un procedimiento de normas aplicables a la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficha de sistematización de las encuestas.</li> </ul>	Al aplicar las pruebas evaluativas nos permitieron conocer las características físico – mecánicas existentes en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.-** Las técnicas que nos permitieron el procesamiento y análisis de datos, se realizaron considerando las técnicas de conteo y tabulación de las muestras tomadas, empleando la media, moda y mediana, como parte de la estadística descriptiva en los dos secciones de experimentación, asimismo se utilizaron las técnicas de la estadística de dispersión para los resultados de la varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y las medidas de asimetría (Coeficiente de Pearson). Igualmente se utilizó la estadística inferencial (Hipótesis nula “H<sub>0</sub>” y la Hipótesis Alternativa “H<sub>1</sub>”), con la regla de decisión y su respectivo intervalo de confianza del 95% ( $\alpha = 0,05$  con un error de 5%) y su interpretación en base a los datos obtenidos. Una vez obtenidos los datos, se procedió a analizar cada uno de ellos, atendiendo a los objetivos y variables de la investigación, de manera tal que se contrastaron las hipótesis con las variables y objetivos planteados, demostrando así la validez o invalidez de estas. Al final se formularon las conclusiones y sugerencias para mejorar la problemática investigada.

#### **4.6.3. CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS**

Los criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos se dieron a través del Informe de Opinión de Juicio de Expertos del Instrumento (Ver Anexo N° 04).

## **CAPITULO V.**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. ANÁLISIS DE DATOS**

Las técnicas que nos permitieron el procesamiento y análisis de datos, se realizaron considerando las técnicas de conteo y tabulación de las muestras tomadas, empleando la media, moda y mediana, como parte de la estadística descriptiva en los dos secciones de experimentación, asimismo se utilizaron las técnicas de la estadística de dispersión para los resultados de la varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y las medidas de asimetría (Coeficiente de Pearson). Igualmente se utilizó la estadística inferencial (Hipótesis nula “ $H_0$ ” y la Hipótesis Alternativa “ $H_1$ ”), con la regla de decisión y su respectivo intervalo de confianza del 95% ( $\alpha = 0,05$  con un error de 5%) y su interpretación en base a los datos obtenidos. Una vez obtenidos los datos, se procedió a analizar cada uno de ellos, atendiendo a los objetivos y variables de la investigación, de manera tal que se contrastó la hipótesis con variables y objetivos planteados, demostrando así la validez o invalidez de estas. Al final se formularon las conclusiones y sugerencias para

mejorar la problemática investigada. En el cuadro se presentan los elementos estadísticos que se emplearon en la investigación:

Nº	ESTADÍGRAFOS	FÓRMULAS ESTADÍSTICAS	SÍMBOLOS
01	Media Aritmética de los datos agrupados.	$\bar{X} = \frac{\sum f \cdot x}{n}$	<p><math>\bar{X}</math> = Media Aritmética.</p> <p>X = Valor Central o Punto Medio de cada clase.</p> <p>f = Frecuencia de cada clase.</p> <p><math>\Sigma f \cdot x</math> = Sumatoria de los productos de la frecuencia en cada clase multiplicada por el punto medio de ésta.</p> <p>n = Número total de frecuencias.</p>
02	Desviación Estándar Muestral para datos agrupados.	$S = \sqrt{\frac{\sum f \cdot x^2 - \left(\frac{\sum f \cdot x}{n}\right)^2}{n-1}}$	<p>S = Desviación estándar muestral.</p> <p>x = Punto medio de una clase.</p> <p>f = Frecuencias de clase.</p> <p>n = Número total de observaciones de la muestra.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a autores varios (2016).

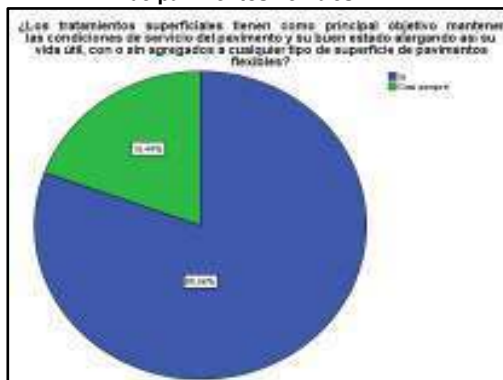
### 5.1.1. ANÁLISIS Y ORGANIZACIÓN DE DATOS. FRECUENCIAS ESTADÍSTICAS. SECCIÓN N° 01. CUESTIONARIO – ESPECIALISTAS.

01. ¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?

Gráfico N° 01. ¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?

**Cuadro N° 01. Estadísticos.**

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.5833
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.20416
Varianza		1.450
Asimetría		1.612
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		76.05%



Cuadro N° 02. ¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?

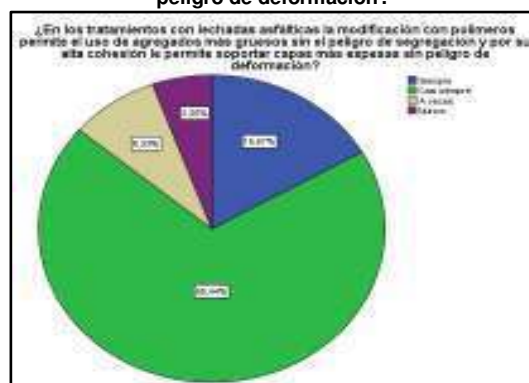
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Si	29	80.6	80.6	80.6
Válidos Casi siempre	7	19.4	19.4	100.0
Total	36	100.0	100.0	

02. ¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?

Gráfico N° 02. ¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?

**Cuadro N° 03. Estadísticos.**

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		2.0833
Mediana		2.0000
Moda		2.00
Desv. típ.		.87423
Varianza		.764
Asimetría		2.005
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		41.96%



Cuadro N° 04. ¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Siempre	25	69.4	69.4	69.4
Válidos Casi siempre	6	16.7	16.7	86.1
Válidos A veces	3	8.3	8.3	94.4
Válidos Nunca	2	5.6	5.6	100.0
Total	36	100.0	100.0	

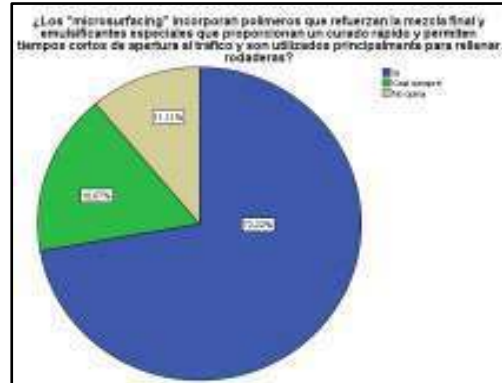


03. ¿Los "microsurfacing" incorporan polímeros que refuerzan la mezcla final y emulsificantes especiales que proporcionan un curado rápido y permiten tiempos cortos de apertura al tráfico y son utilizados principalmente para rellenar rodaderas?

Gráfico N° 03. ¿Los "microsurfacing" incorporan polímeros que refuerzan la mezcla final y emulsificantes especiales que proporcionan un curado rápido y permiten tiempos cortos de apertura al tráfico y son utilizados principalmente para rellenar rodaderas?

Cuadro N° 05. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.9444
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.56651
Varianza		2.454
Asimetría		1.136
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		80.57%



Cuadro N° 06. ¿Los "microsurfacing" incorporan polímeros que refuerzan la mezcla final y emulsificantes especiales que proporcionan un curado rápido y permiten tiempos cortos de apertura al tráfico y son utilizados principalmente para rellenar rodaderas?

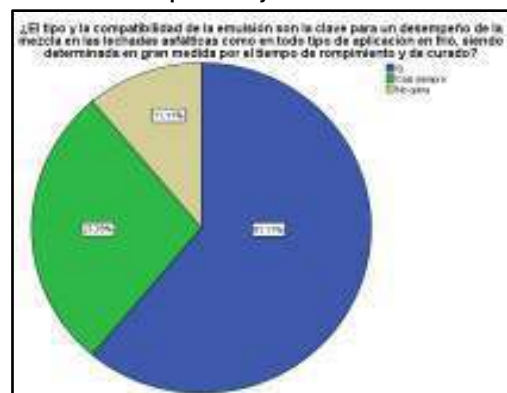
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	26	72.2	72.2
	Casi siempre	6	16.7	88.9
	No opina	4	11.1	100.0
	Total	36	100.0	100.0

04. ¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?

Gráfico N° 04. ¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?

Cuadro N° 07. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		2.2778
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.64943
Varianza		2.721
Asimetría		.579
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		72.41%



Cuadro N° 08. ¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?

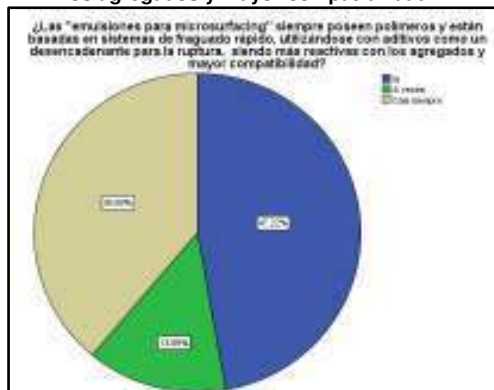
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	22	61.1	61.1
	Casi siempre	10	27.8	88.9
	No opina	4	11.1	100.0
	Total	36	100.0	100.0

05. ¿Las "emulsiones para microsurfacing" siempre poseen polímeros y están basadas en sistemas de fraguado rápido, utilizándose con aditivos como un desencadenante para la ruptura, siendo más reactivas con los agregados y mayor compatibilidad?

Gráfico N° 05. ¿Las "emulsiones para microsurfacing" siempre poseen polímeros y están basadas en sistemas de fraguado rápido, utilizándose con aditivos como un desencadenante para la ruptura, siendo más reactivas con los agregados y mayor compatibilidad?

Cuadro N° 09. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		2.4444
Mediana		3.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.42316
Varianza		2.025
Asimetría		.024
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		58.22%



Cuadro N° 10. ¿Las "emulsiones para microsurfacing" siempre poseen polímeros y están basadas en sistemas de fraguado rápido, utilizándose con aditivos como un desencadenante para la ruptura, siendo más reactivas con los agregados y mayor compatibilidad?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	17	47.2	47.2
	A veces	5	13.9	61.1
	Casi siempre	14	38.9	100.0
	Total	36	100.0	100.0

06. ¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?

Gráfico N° 06. ¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?

Cuadro N° 11. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		2.8056
Mediana		4.0000
Moda		4.00
Desv. típ.		1.48938
Varianza		2.218
Asimetría		-.251
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		53.09%



Cuadro N° 12. ¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?

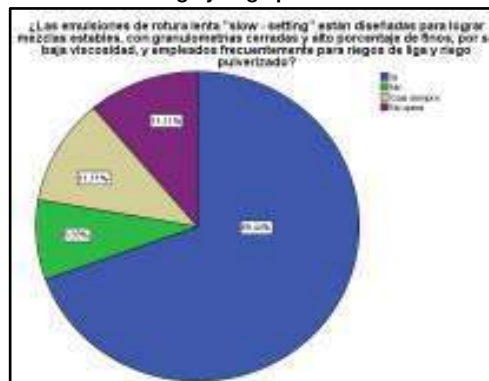
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	13	36.1	36.1
	No	2	5.6	41.7
	A veces	2	5.6	47.2
	Casi siempre	17	47.2	94.4
	No opina	2	5.6	100.0
	Total	36	100.0	100.0

07. ¿Las emulsiones de rotura lenta "slow - setting" están diseñadas para lograr mezclas estables, con granulometrías cerradas y alto porcentaje de finos, por su baja viscosidad, y empleados frecuentemente para riegos de liga y riego pulverizado?

Gráfico N° 07. ¿Las emulsiones de rotura lenta "slow - setting" están diseñadas para lograr mezclas estables, con granulometrías cerradas y alto porcentaje de finos, por su baja viscosidad, y empleados frecuentemente para riegos de liga y riego pulverizado?

Cuadro N° 13. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.8611
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.47654
Varianza		2.180
Asimetría		1.380
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		79.34%



Cuadro N° 14. ¿Las emulsiones de rotura lenta "slow - setting" están diseñadas para lograr mezclas estables, con granulometrías cerradas y alto porcentaje de finos, por su baja viscosidad, y empleados frecuentemente para riegos de liga y riego pulverizado?

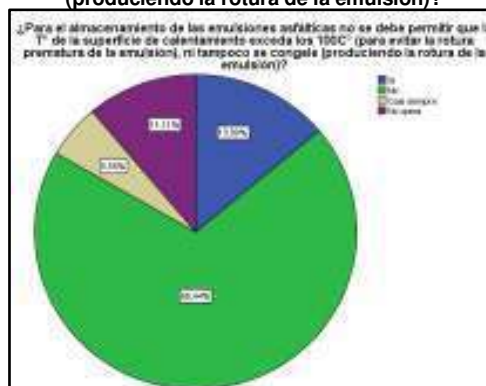
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Sí	25	69.4	69.4	69.4
No	3	8.3	8.3	77.8
Válidos	Casi siempre	4	11.1	88.9
	No opina	4	11.1	100.0
Total	36	100.0	100.0	

08. ¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?

Gráfico N° 08. ¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?

Cuadro N° 15. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		2.3056
Mediana		2.0000
Moda		2.00
Desv. típ.		1.14191
Varianza		1.304
Asimetría		1.547
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		49.53%



Cuadro N° 16. ¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?

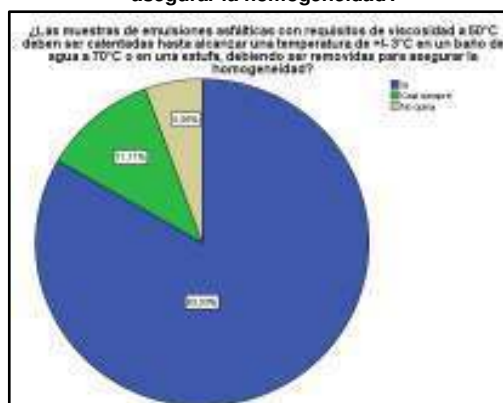
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Sí	5	13.9	13.9	13.9
No	25	69.4	69.4	83.3
Válidos	Casi siempre	2	5.6	88.9
	No opina	4	11.1	100.0
Total	36	100.0	100.0	

09. ¿Las muestras de emulsiones asfálticas con requisitos de viscosidad a 50°C deben ser calentadas hasta alcanzar una temperatura de +/- 3°C en un baño de agua a 70°C o en una estufa, debiendo ser removidas para asegurar la homogeneidad?

Gráfico N° 09. ¿Las muestras de emulsiones asfálticas con requisitos de viscosidad a 50°C deben ser calentadas hasta alcanzar una temperatura de +/- 3°C en un baño de agua a 70°C o en una estufa, debiendo ser removidas para asegurar la homogeneidad?

Cuadro N° 17. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.5556
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.27491
Varianza		1.625
Asimetría		1.971
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		81.96%



Cuadro N° 18. ¿Las muestras de emulsiones asfálticas con requisitos de viscosidad a 50°C deben ser calentadas hasta alcanzar una temperatura de +/- 3°C en un baño de agua a 70°C o en una estufa, debiendo ser removidas para asegurar la homogeneidad?

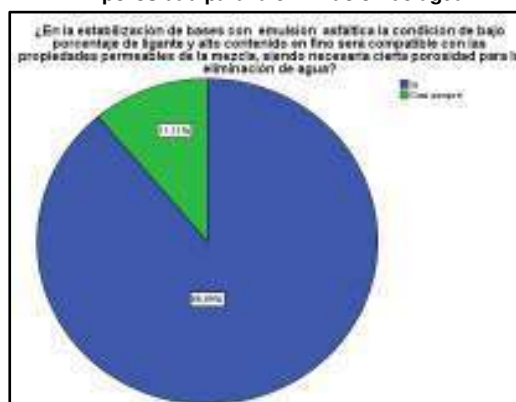
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Si	30	83.3	83.3	83.3
Casi siempre	4	11.1	11.1	94.4
No opina	2	5.6	5.6	100.0
Total	36	100.0	100.0	

10. ¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?

Gráfico N° 10. ¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?

Cuadro N° 19. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.3333
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		.95618
Varianza		.914
Asimetría		2.584
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		71.72%



Cuadro N° 20. ¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?

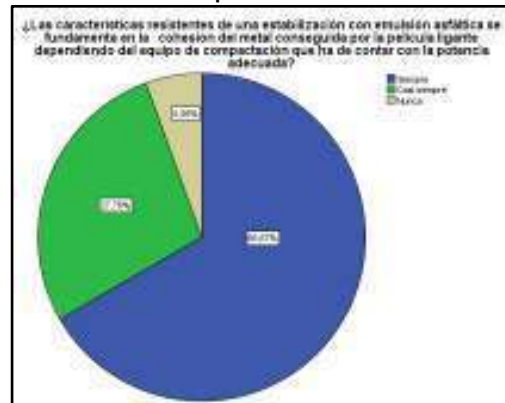
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Si	32	88.9	88.9	88.9
Casi siempre	4	11.1	11.1	100.0
Total	36	100.0	100.0	

11. ¿Las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada?

Gráfico N° 11. ¿Las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada?

Cuadro N° 21. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.5000
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		.97101
Varianza		.943
Asimetría		2.776
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		64.73%



Cuadro N° 22. ¿Las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada?

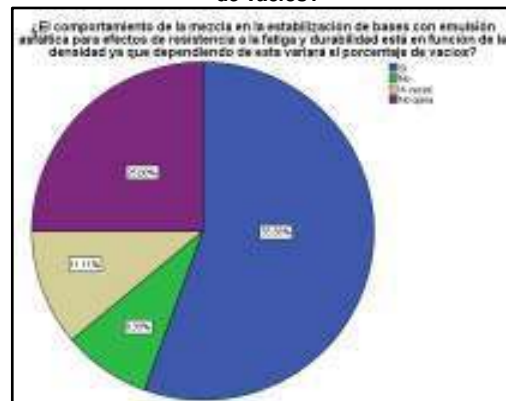
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Siempre	24	66.7	66.7
	Casi siempre	10	27.8	94.4
	Nunca	2	5.6	100.0
	Total	36	100.0	100.0

12. ¿El comportamiento de la mezcla en la estabilización de bases con emulsión asfáltica para efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad está en función de la densidad ya que dependiendo de esta variará el porcentaje de vacíos?

Gráfico N° 12. ¿El comportamiento de la mezcla en la estabilización de bases con emulsión asfáltica para efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad está en función de la densidad ya que dependiendo de esta variará el porcentaje de vacíos?

Cuadro N° 23. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		2.0556
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.30809
Varianza		1.711
Asimetría		.622
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		63.64%



Cuadro N° 24. ¿El comportamiento de la mezcla en la estabilización de bases con emulsión asfáltica para efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad está en función de la densidad ya que dependiendo de esta variará el porcentaje de vacíos?

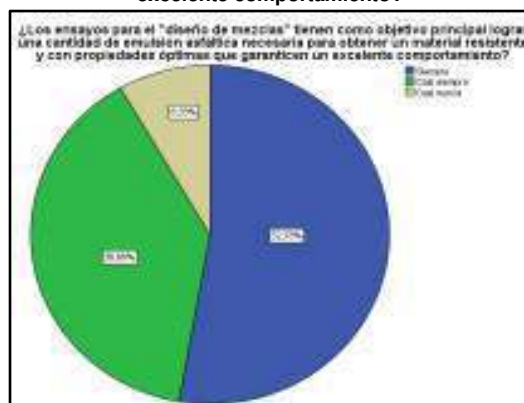
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	20	55.6	55.6
	No	3	8.3	63.9
	A veces	4	11.1	75.0
	No opina	9	25.0	100.0
	Total	36	100.0	100.0

13. ¿Los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento?

Gráfico N° 13. ¿Los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento?

**Cuadro N° 25. Estadísticos.**

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.6389
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		.86694
Varianza		.752
Asimetría		1.634
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		52.90%



Cuadro N° 26. ¿Los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento?

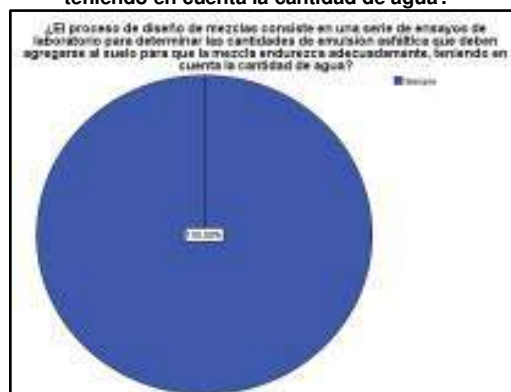
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Siempre	19	52.8	52.8	52.8
Válidos Casi siempre	14	38.9	38.9	91.7
Válidos Casi nunca	3	8.3	8.3	100.0
Total	36	100.0	100.0	

14. ¿El proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua?

Gráfico N° 14. ¿El proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua?

**Cuadro N° 27. Estadísticos.**

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.0000
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		.00000
Varianza		.000
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		9.00%



Cuadro N° 28. ¿El proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua?

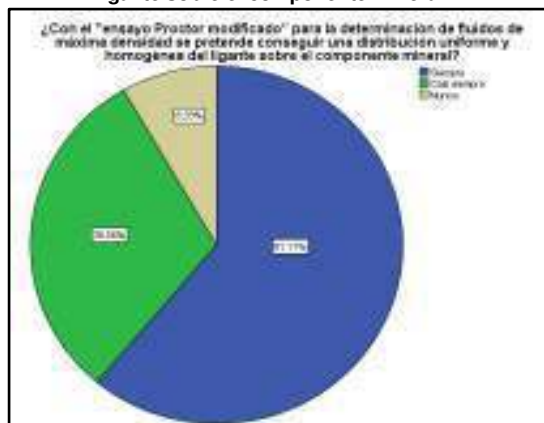
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Siempre	36	100.0	100.0	100.0

15. ¿Con el "ensayo Proctor modificado" para la determinación de fluidos de máxima densidad se pretende conseguir una distribución uniforme y homogénea del ligante sobre el componente mineral?

Gráfico N° 15. ¿Con el "ensayo Proctor modificado" para la determinación de fluidos de máxima densidad se pretende conseguir una distribución uniforme y homogénea del ligante sobre el componente mineral?

Cuadro N° 29. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.6389
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		1.12511
Varianza		1.266
Asimetría		2.309
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		68.65%



Cuadro N° 30. ¿Con el "ensayo Proctor modificado" para la determinación de fluidos de máxima densidad se pretende conseguir una distribución uniforme y homogénea del ligante sobre el componente mineral?

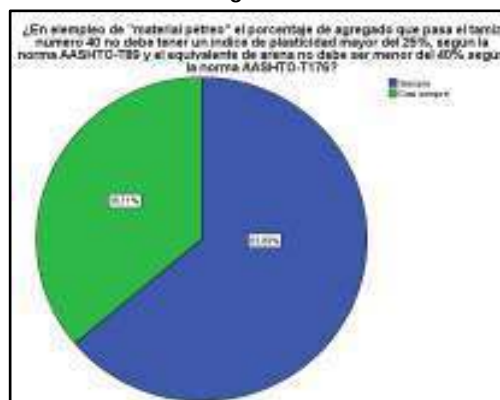
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Siempre	22	61.1	61.1	61.1
Válidos Casi siempre	11	30.6	30.6	91.7
Válidos Nunca	3	8.3	8.3	100.0
Total	36	100.0	100.0	

16. ¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?

Gráfico N° 16. ¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%. según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?

Cuadro N° 31. Estadísticos.

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1.3611
Mediana		1.0000
Moda		1.00
Desv. típ.		.48714
Varianza		.237
Asimetría		.604
Error típ. de asimetría		.393
C.V.		35.79%



Cuadro N° 32. ¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%. según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Siempre	23	63.9	63.9	63.9
Válidos Casi siempre	13	36.1	36.1	100.0
Total	36	100.0	100.0	

## 5.1.2. ANÁLISIS DE FIABILIDAD Y CORRELACIÓN DE LOS RESULTADOS.

### SECCIÓN N° 01. ENCUESTA - ESPECIALISTAS.

#### A. ALFA DE CRONBACH

Escala: TODAS LAS VARIABLES

##### Resumen del procesamiento de los casos

		N	%
Casos	Válidos	36	100.0
	Excluidos <sup>a</sup>	0	.0
	Total	36	100.0

##### Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.750	16

##### Estadísticos de los elementos

	Media	Desviación típica	N
¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?	1.5833	1.20416	36
¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?	2.0833	.87423	36

##### Estadísticos de los elementos

	Media	Desviación típica	N
¿Los "microsurfacing" incorporan polímeros que refuerzan la mezcla final y emulsificantes especiales que proporcionan un curado rápido y permiten tiempos cortos de apertura al tráfico y son utilizados principalmente para rellenar rodaderas?	1.9444	1.56651	36
¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?	2.2778	1.64943	36



**Estadísticos de los elementos**

	Media	Desviación típica	N
¿Las "emulsiones para microsurfacing" siempre poseen polímeros y están basadas en sistemas de fraguado rápido. utilizándose con aditivos como un desencadenante para la ruptura. siendo más reactivas con los agregados y mayor compatibilidad?	2.4444	1.42316	36
¿Las emulsiones de rotura media "medium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto. utilizándose los grados RS-2. HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?	2.8056	1.48938	36

**Estadísticos de los elementos**

	Media	Desviación típica	N
¿Las emulsiones de rotura lenta "slow - setting" están diseñadas para lograr mezclas estables. con granulometrías cerradas y alto porcentaje de finos. por su baja viscosidad. y empleados frecuentemente para riegos de liga y riego pulverizado?	1.8611	1.47654	36
¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión). ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?	2.3056	1.14191	36

**Estadísticos de los elementos**

	Media	Desviación típica	N
¿Las muestras de emulsiones asfálticas con requisitos de viscosidad a 50°C deben ser calentadas hasta alcanzar una temperatura de +/- 3°C en un baño de agua a 70°C o en una estufa. debiendo ser removidas para asegurar la homogeneidad?	1.5556	1.27491	36
¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla. siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?	1.3333	.95618	36

## B. ANÁLISIS Y CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES (CORRELACIÓN DE PEARSON)

### Correlaciones

<p>¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?</p> <p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p>	<p>Correlación de Pearson Sig. (bilateral)</p> <p>N</p> <p>Correlación de Pearson</p> <p>Sig. (bilateral)</p>	<p>¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?</p> <p>1</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.685**</p>	<p>¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?</p> <p>-.127</p>
		<p>¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?</p> <p>36</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.000</p>	<p>¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?</p> <p>.460</p>
<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p>	<p>Correlación de Pearson</p> <p>Sig. (bilateral)</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.685**</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>1</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>-.036</p>
<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p>	<p>Correlación de Pearson</p> <p>Sig. (bilateral)</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.000</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.833</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.833</p>

### Correlaciones

<p>¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?</p> <p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p>	<p>Correlación de Pearson Sig. (bilateral)</p> <p>N</p> <p>Correlación de Pearson</p> <p>Sig. (bilateral)</p>	<p>¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?</p> <p>-.413</p>	<p>¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?</p> <p>-.071**</p>	<p>¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?</p> <p>.273</p>
		<p>¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?</p> <p>.012</p>	<p>¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?</p> <p>.681</p>	<p>¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?</p> <p>.107</p>
<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p>	<p>Correlación de Pearson</p> <p>Sig. (bilateral)</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>-.207**</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>-.570</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>-.034</p>
<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p>	<p>Correlación de Pearson</p> <p>Sig. (bilateral)</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.227</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.000</p>	<p>¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?</p> <p>.843</p>

### Correlaciones

		¿El comportamiento de la mezcla en la estabilización de bases con emulsión asfáltica para efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad está en función de la densidad ya que dependiendo de esta variará el porcentaje de vacíos?	¿El proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua?	¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?
¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil. con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)  N	-.239 .161 36	. . 36	-.369 .027 36
¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-.304** .071	. .	-.207 .226

### Correlaciones

		¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil. con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?	¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?	¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío. siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?
¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?	N	36	36**	36
¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío. siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)  N	-.127 .460 36**	-.036 .833 36	1  36
¿Las emulsiones de rotura media "medium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto. utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?	Correlación de Pearson	-.413	-.207	.476

**Correlaciones**

		¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?	¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?	¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?
¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?	N	36	36**	36
¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.476 .003	.303 .073	-.278 .101
¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?	N  Correlación de Pearson	36**  1	36  .070	36  -.074

**C. PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS DE LAS VARIABLES**

**Estadísticos descriptivos**

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?	36	1.5833	1.20416	1.00	4.00
¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?	36	2.0833	.87423	1.00	5.00

### Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?	36	2.2778	1.64943	1.00	5.00
¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?	36	2.8056	1.48938	1.00	5.00

### Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?	36	2.3056	1.14191	1.00	5.00
¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?	36	1.3333	.95618	1.00	4.00

### Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
¿El comportamiento de la mezcla en la estabilización de bases con emulsión asfáltica para efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad está en función de la densidad ya que dependiendo de esta variará el porcentaje de vacíos?	36	2.0556	1.30809	1.00	4.00
¿El proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua?	36	1.0000	.00000	1.00	1.00
¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?	36	1.3611	.48714	1.00	2.00

## D. PRUEBA DE CHI-CUADRADO

### Frecuencias

#### Estadísticos de contraste

	¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil. con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?	¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?	¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío. siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?	¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto. utilizándose los grados RS-2. HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?	¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (para evitar la rotura prematura de la emulsión). ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?
Chi-cuadrado	13.444 <sup>a</sup>	38.889 <sup>b</sup>	14.000 <sup>c</sup>	29.278 <sup>d</sup>	38.444 <sup>b</sup>
gl	1	3	2	4	3
Sig. asintót.	.000	.000	.001	.000	.000

#### Estadísticos de contraste

	¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla. siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?	¿El comportamiento de la mezcla en la estabilización de bases con emulsión asfáltica para efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad está en función de la densidad ya que dependiendo de esta variará el porcentaje de vacíos?	¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%. según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?
Chi-cuadrado	21.778 <sup>a</sup>	20.222 <sup>b</sup>	2.778 <sup>c</sup>
gl	1	3	1
Sig. asintót.	.000	.000	.096

## E. ESTIMACIÓN CURVILÍNEA DE LAS VARIABLES

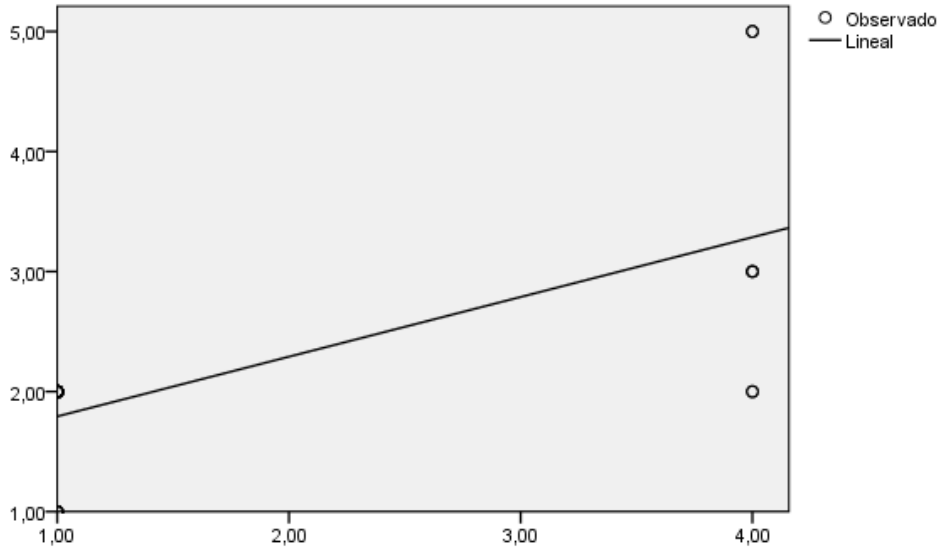
### Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros

Variable dependiente: ¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros	
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1
Lineal	.470	30.107	1	34	.000	1.296	.498

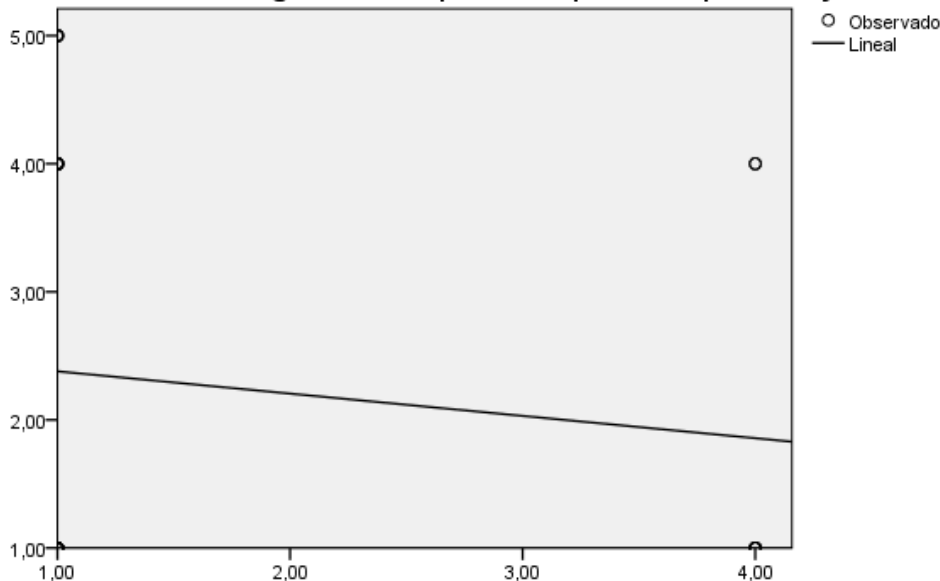
**DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN:**

**¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?**



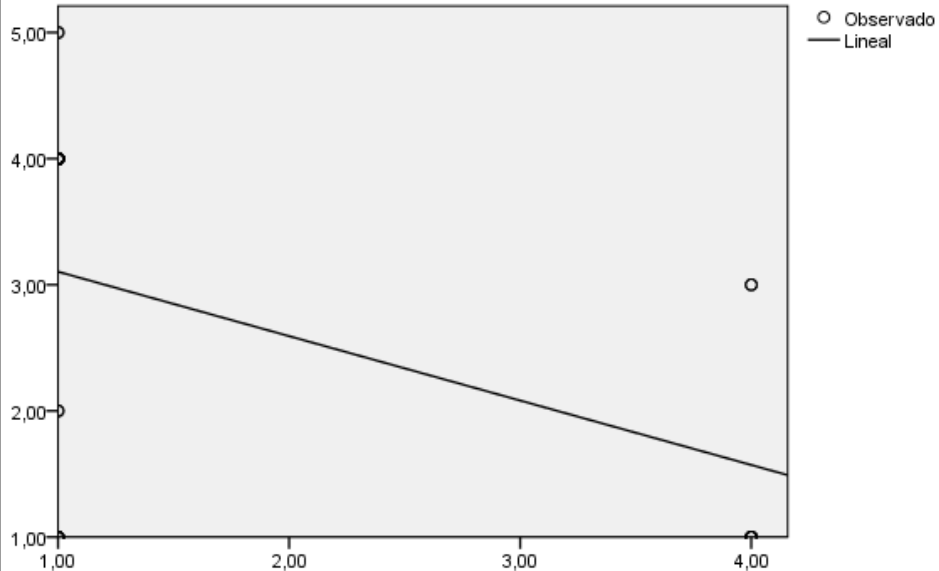
**¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?**

**¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?**



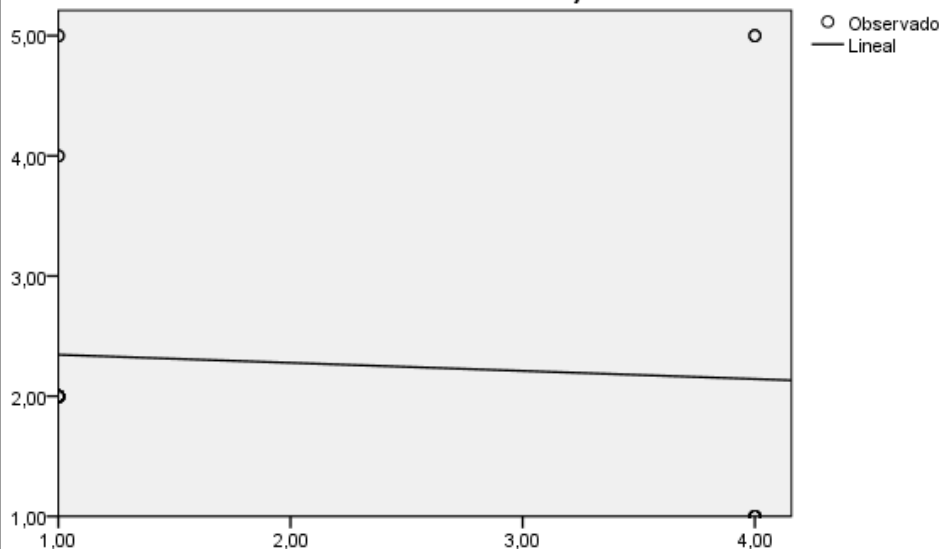
**¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?**

**¿Las emulsiones de rotura media "médium - setting" reaccionan rápidamente con el agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?**



**¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?**

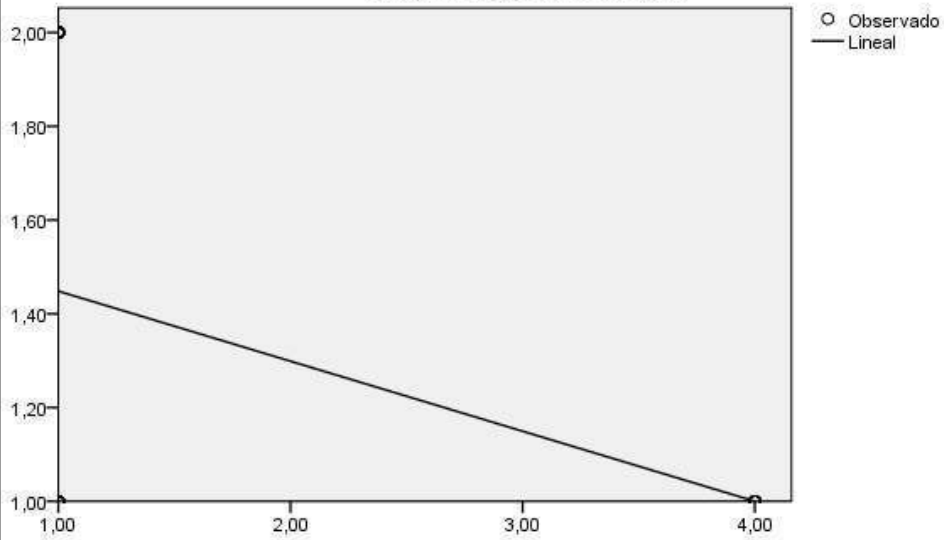
**¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100°C (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión)?**



**¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?**



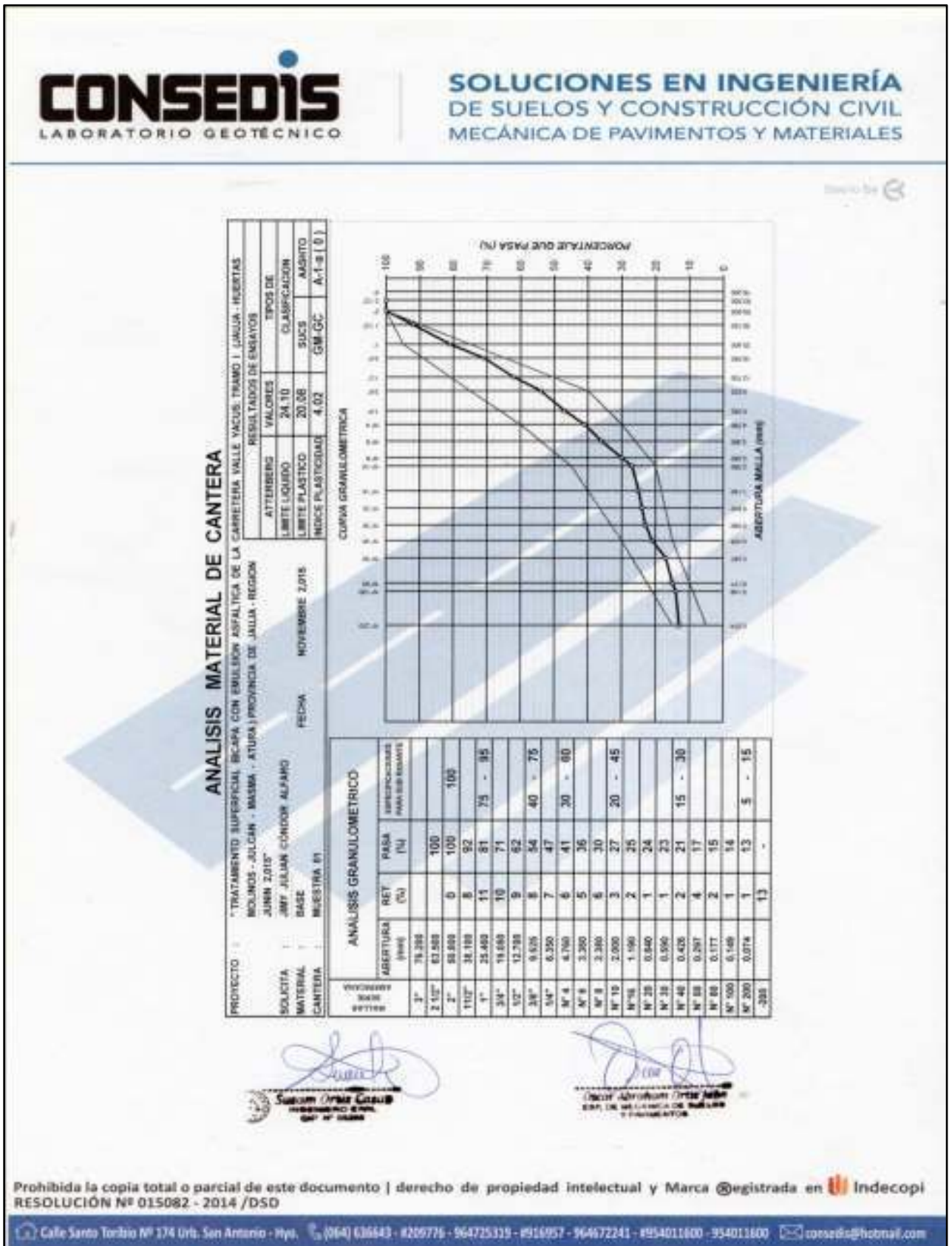
¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?



¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de superficie de pavimentos flexibles?

### 5.1.3. ANÁLISIS DE CAMPO

#### 1-A. ANÁLISIS MATERIAL DE CANTERA



Fuente: resultados de análisis laboratorio CONSEDIS (2015).

## 2-A. LÍMITE DE CONSISTENCIA

### LÍMITE DE CONSISTENCIA LABORATORIO CONTROL DE MATERIALES

PROYECTO : TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSION ASFALTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS TRAMO I (JAJUA - HUERTAS - MOLINOS - JULCAN - MANMA - ATAUARA) PROVINCIA DE JAJUA - REGION DE JUNIN 2015  
SOLICITA : JIMY JULIAN CONDOR ALFARO  
MATERIAL : BASE  
CANTERA : C1  
FECHA : NOVIEMBRE 2015 CERTIFICADO Nro

#### LÍMITE LIQUIDO

Nº de Latas	1	5	9
Nº de Golpes	15	21	35
Peso de Lata + Suelo Húmedo	45.05	46.56	44.84
Peso de Lata + Suelo Seco	40.35	42.51	41.90
Peso de Agua	4.70	4.05	2.94
Peso de Lata	24.72	26.27	26.59
Peso de Suelo Seco	15.63	16.24	15.31
% de Humedad	30.07	24.96	19.22

#### LÍMITE PLASTICO

Nº de Latas	11
Peso de Lata + Suelo Húmedo	35.87
Peso de Lata + Suelo Seco	34.13
Peso de Agua	1.74
Peso de Lata	25.46
Peso de Suelo Seco	8.67
Potenciaje de Humedad	20.08




OBSERVACIONES:

L.L.	24.10	L.P.	20.08	I.P.	4.02
------	-------	------	-------	------	------

  
**Susana Ortiz Castro**  
INGENIERA DE CIVIL  
MATERIALES DE PAVIMENTOS

  
**Oscar Abraham Ortiz Jaitin**  
ESP. DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en  Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /D5D

 Calle Santo Toribio N° 174 Urb. San Antonio - Hys.  (064) 636643 - 4209776 - 964725319 - 4916937 - 964672241 - 4954011600 - 954011600  consedis@hotmail.com

Fuente: resultados de análisis laboratorio CONSEDIS (2015).

### 3-A. ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS



**SOLUCIONES EN INGENIERÍA**  
DE SUELOS Y CONSTRUCCIÓN CIVIL  
MECÁNICA DE PAVIMENTOS Y MATERIALES



**ENSAYOS QUIMICOS EN SUELOS**  
ASTM D-512 , 516 Norma E-60

PROYECTO : "TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSION ASFALTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS: TRAMO I (JAUJA - HUERTAS - MOLINOS - JULCAN - MASMA - ATAURA)  
PROVINCIA DE JAUJA - REGION DE JUNIN 2015"

SOLICITA : JMY JULIAN CONDOR ALFARO

MATERIAL : BASE

FECHA : NOVIEMBRE 2015

**MUESTRA DE SUELO**

Nº	UBICACIÓN	MUESTRA	PROF (cm)	PH	CLORUROS (ppm)	SULFATOS (ppm)	SALES SOLUBLES TOTALES (ppm)	MATERIAL ORGÁNICO (ppm)
1	C-PT	Suelos		3.5	0.452	0.065	0.009	-

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ELEMENTOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACIÓN**

Presencia en el suelos de:	p.p.m.	Grado de alteración	Observaciones
SULFATOS <sup>1</sup>	0 - 1000	Leve	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
	1000 - 2000	Moderado	
	2000 - 20000	Severo	
	> 20000	Muy Severo	
CLORUROS <sup>2</sup>	> 6000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos
SALES SOLUBLES TOTALES <sup>2</sup>	> 15000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdidas de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

<sup>1</sup> Comité 318 ACI

<sup>2</sup> Experiencia Existente



**Susana Orta**  
INGENIERO EN SUELOS  
Nº 17 2000



**Oscar Abraham**  
INGENIERO EN SUELOS  
Nº 17 2000

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN Nº 015082 - 2014 /DSD

Calle Santa Toribio Nº 174 Urb. San Antonio - Hya. ☎ (064) 636643 - (0209776) - 964725319 - 9916957 - 964672241 - 9954011600 - 954011600 ✉ consedis@hotmail.com

Fuente: resultados de análisis laboratorio CONSEDIS (2015).

#### 4-A. RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN

### RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASION

Empleando Maquina de los Angeles

DEE A6 - 1983

PROYECTO : "TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSION ASFALTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS TRAMO I (JAUJA - HUERTAS - MOLINDO - JULCAN - MASMA - ATAUJA) PROVINCIA DE JAUJA - REGION DE JUNIN 2015"

SOLICITA : JIMY JULIAN CONDOR ALFARO

MATERIAL : BASE

CANTERA : C1

FECHA : NOVIEMBRE 2015

IDENTIFICACION					
MUESTRA	.01.				
Profundidad	-				
Graduación	A				
Peso Inicial	5000				
Peso Mat. Ret. Malla N° 12 gr.	3875				
Peso Mat. Pasa Malla N° 12 gr.	1125				
Porcentaje Desgaste (%)	22.50				

EL ENSAYO SE REALIZA CON APLICACIÓN DE 12 ESFERAS

PORCENTAJE DE DESGASTE: Muestra Nro. 01 = 22.50

Susam Condor Alfaro  
Ingeniero Civil  
N° 174000

Jimy Julian Condor Alfaro  
Especialista en Mecánica de Suelos y Pavimentos

## 5-A. ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE LOS ÁRIDOS

### ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE LOS ARIDOS

OBRA : "TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSION ASFALTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS: TRAMO I (JAUJA - HUERTAS - MOLINOS - JULCAN - MASMA - ATAURA) PROVINCIA DE JAUJA - REGION DE JUNIN 2,015"

SOLICITA : JIMY JULIAN CÓNDROR ALFARO

MATERIAL : BASE

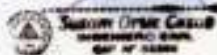
CANTERA : C-1

FECHA : NOVIEMBRE 2,015

#### DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO


Tamaño Mallas		Escalonado Original de la muestra	Peso de las fracciones antes del Ensayo	% Pérdidas		% Pérdidas Corregidos.
% Pase	% Reted.			en Grms.	en %	
2 1/2"	2"	31.0	1500	130	8.667	2.687
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	19.9	1005	120	11.940	2.378
1"	3/4"	22.0	495	120	24.242	5.333
3/4"	1/2"	10.0	670	120	17.910	1.791
1/2"	3/8"	8.5	330	80	24.242	0.029
3/8"	Nº 4	10.6	300	50	16.667	0.016
TOTALES						12.231

OBSERVACIONES : Muestra proporcionada por el interesado



  
Oscar Abraham Ortiz Jara  
ING. DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS  
Y PAVIMENTOS

## 6-A. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



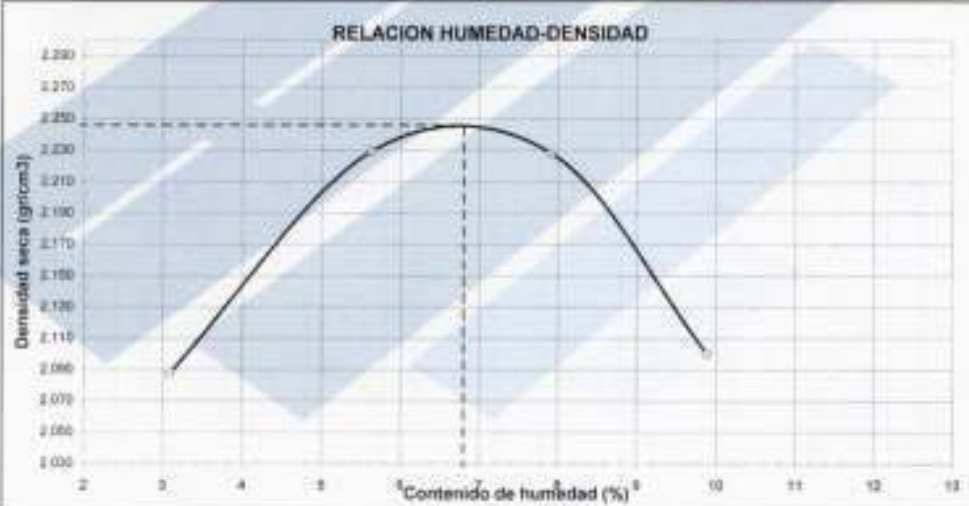
**SOLUCIONES EN INGENIERÍA**  
DE SUELOS Y CONSTRUCCIÓN CIVIL  
MECÁNICA DE PAVIMENTOS Y MATERIALES

---


**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**  
(METODO AASHTO T-180-D ASTM-D1557)

OBRA	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SICAPA CON EMULSION ASFALTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS TRAMO I (JALLA - HUERTAS - MOLINOS - JULCAN - MASMA - ATAURA) PROVINCIA DE JALLA - REGION JUNIN 2015				
SOLICITA	JIFF JULIAN CONDOR ALFARO				
MATERIAL	BASE				
CANTERA	C1	FECHA	NOVIEMBRE 2015		
METODO DE COMPACTACION:	A				
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					
		1	2	3	4
Peso suelo + molde	g	10905.00	11335.00	11440.00	11235.00
Peso molde	g	6340.00	6340.00	6340.00	6340.00
Peso suelo húmedo compactado	g	4565.00	4995.00	5100.00	4895.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2121.00	2121.00	2121.00	2121.00
Peso volumétrico húmedo	g	2.152	2.355	2.405	2.308
Recipiente N°		5	2	3	3
Peso del suelo húmedo+tara	g	300.00	300.00	300.00	300.00
Peso del suelo seco + tara	g	291.00	284.00	278.00	273.00
Tara	g	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	g	9.00	16.00	22.00	27.00
Peso del suelo seco	g	291.00	284.00	278.00	273.00
Contenido de agua	%	3.09	5.63	7.91	9.89
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.088	2.228	2.228	2.100
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )					2.246
Óptimo Contenido de Humedad (%)					6.88


**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**



Observaciones:



**Oscar Abraham Ortiz**  
INGENIERO EN SUELOS  
E INGENIERO EN GEOTECNICA



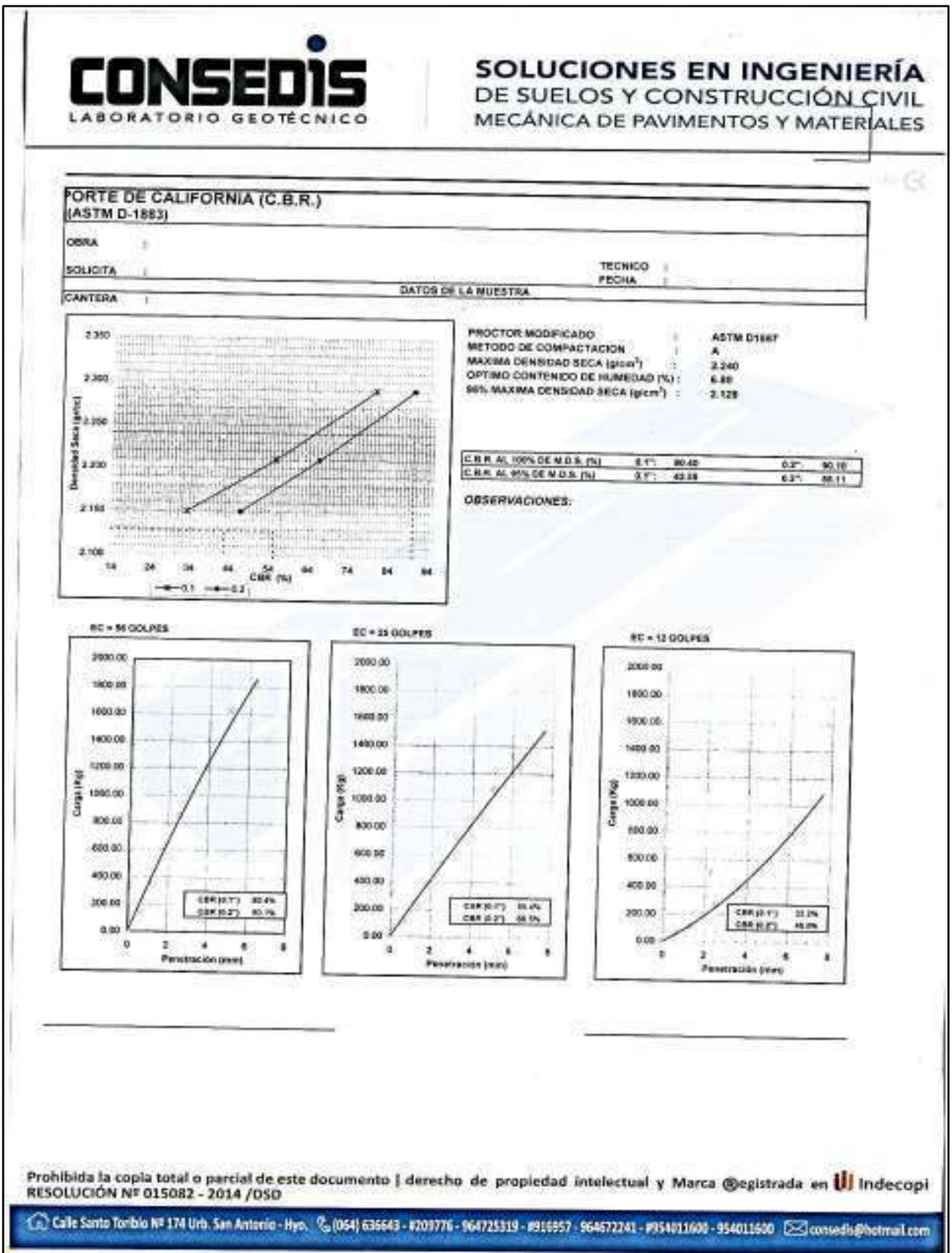
**Oscar Abraham Ortiz**  
INGENIERO EN SUELOS  
E INGENIERO EN GEOTECNICA

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca ® registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Calle Santo Toribio N° 174 Urb. San Antonio - Hys. ☎ (054) 636643 - 8209776 - 964725319 - 8916957 - 964672241 - 8954011600 - 954011600 ✉ consedis@hotmail.com

Fuente: resultados de análisis laboratorio CONSEDIS (2015).

## 6-B. ENSAYO DE (C.B.R)



Fuente: resultados de análisis laboratorio CONSEDIS (2015).



## 7-A. ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

### ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

OBRA : "TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSION ASPALTICA DE LA CARRETERA VALLE FACUS TRAMO I  
(JALJA - HUERTAS - MOLINOS - JULCAN - MARMA - ATAURA) PROVINCIA DE JALJA - REGION JUNIN 2015"  
SOLICITA : JIMY JULIAN CONDOR ALFARO  
MATERIAL : BASE  
CANTERA : C 1  
FECHA : NOVIEMBRE 2015

CALCATA		C-1				
LADO		E/E				
Peso del frasco + arena	g	7505.00				
Peso del frasco + arena que queda	g	2565.00				
Peso de arena empleada	g	4440.00				
Peso de arena en el cono	g	1805.00				
Peso de arena en la excavación	g	2635.00				
Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup>	1.43				
Volumen del material extraido	cm <sup>3</sup>	1842.66				
Peso del recipiente + suelo + grava	g	4895.00				
Peso del recipiente	g	425.00				
Peso del suelo + grava	g	4470.00				
Peso retenido en la malla 3/4"	g	350.00				
Peso específico de la grava	g/cm <sup>3</sup>	2.65				
Volumen de la grava	cm <sup>3</sup>	132.08				
Peso de finos	g	4120.00				
Volumen de finos	cm <sup>3</sup>	1710.53				
Densidad Humeda	g/cm <sup>3</sup>	2.41				

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo humedo	g	520.00				
Peso recipiente + suelo seco	g	459.00				
Peso de agua	g	31.50				
Peso de recipiente	g	0.00				
Peso de suelo seco	g	489.00				
Contenido de humedad	%	6.61				

RESULTADOS						
Densidad humeda	g/cm <sup>3</sup>	2.41				
Contenido de humedad	%	6.61				
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	2.29				
Máxima densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	2.246				
Optimo contenido de humedad	%					
Grado de compactación	%	100.59				

Observaciones:

  
Susana Orta Godad  
INGENIERA CIVIL  
CIP N° 12486

  
Oscar Abraham Orta Jelle  
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS  
E FUNDACIONES

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca Registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Calle Santo Toribio N° 174 Urb. San Antonio - Hys. ☎ (064) 636643 - #209776 - 964725315 - 4916957 - 964672241 - 4954031600 - 954011800 ✉ consedis@hotmail.com

Fuente: resultados de análisis laboratorio CONSEDIS (2015).

## 5.1.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO

### 1.1. MÉTODO DE DISEÑO UTILIZADO

Este estudio de investigación se analizó y diseñó utilizando la metodología empírica-mecánica de análisis multicapa elástica; el cual para el diseño estructural aplica, las tensiones y deformaciones que se originan en posiciones críticas dentro del paquete estructural, producto de las solicitaciones de tránsito existentes durante el período de diseño. El esquema del proceso de diseño empírico-mecánico se resume en la Figura, donde se observa que, la sumatoria de los daños producidos por el factor de nivel de tránsito solicitado entre el nivel de tránsito estimado debe ser inferior a 1.

Las solicitaciones de tránsito se caracterizaron a través de un eje estándar, esta configuración se muestra en la Figura 2.2, la cual corresponde a un eje simple rueda doble de 80 KN, con una presión de inflado de contacto de 690 Kpa y una separación de ruedas de 35 cm. procedimiento de diseño empírico-mecánico.

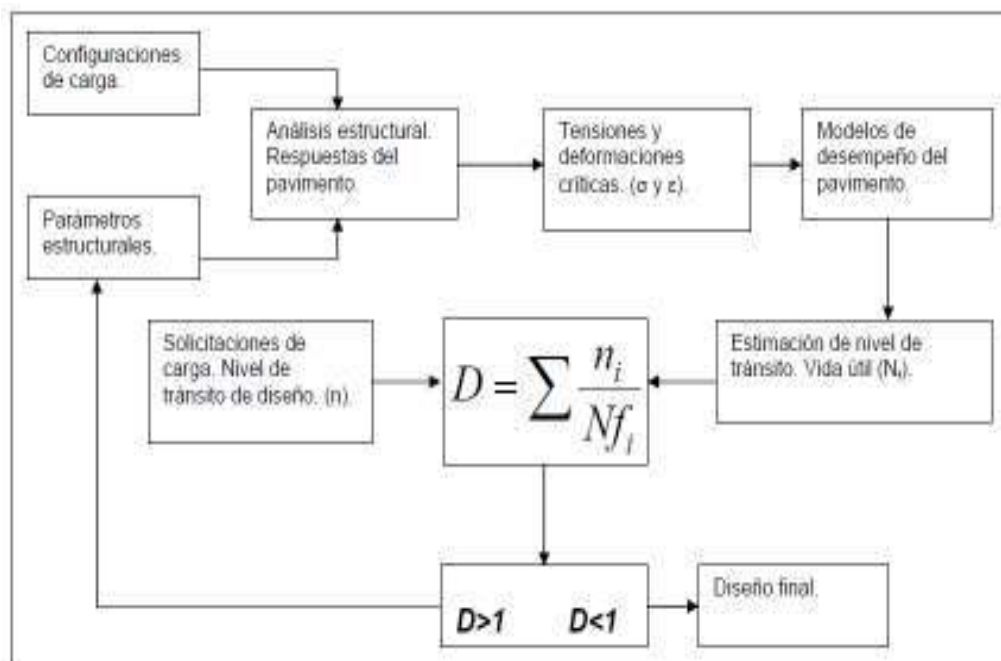


Figura 2.2. Configuración del eje estándar.

Fuente: Pineda Martínez, José Tulio. (2007).

## 1.2. MODELOS DE DESEMPEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

**a) Carpeta asfáltica:** El criterio de falla que considera el modelo está dado por la aparición de grietas en la superficie de la capa. La función de transferencia (ecuación de fatiga) utilizada para la capa flexible es la desarrollada por el Instituto del Asfalto para 20% de agrietamiento:

$$N_f = 0.0796(\sum t)^{3.291} [E]^{0.854}$$

Dónde:

Nf = Número de cargas aplicadas para la falla.

t = Deformación unitaria de tensión en la parte inferior de la capa.

E = Módulo resiliente (psi).

**b) Capas granulares:** Para las capas compuestas por material granular, el criterio de falla está dado por la deformación de la estructura granular debido a las tensiones de corte, bajo cargas repetidas de tránsito. Las funciones de transferencia (ecuaciones de deformación) para las capas granulares desarrolladas por el CSIR de Sudáfrica son las siguientes:

$$N_f = 10^{(2.605122\sigma_1 F + 3.983324)}$$

$$F = \frac{\sigma_3 \phi_{term} + c_{term}}{(\sigma_1 - \sigma_3)}$$

Dónde:

Nf = Número de cargas aplicadas para la falla.

1 = Esfuerzo de compresión en la parte media de la capa.

3 = Esfuerzo de tensión en la parte media de la capa.

term = Ángulo de fricción interna.

Cterm = Cohesión.

**c) Capas cementadas:** La capa cementada presenta dos condiciones de falla: fatiga y “crushing” (separación del material cementado y aplastamiento). Estas dos condiciones de falla se producen en serie. Es decir, una vez que la capa cementada falla por agrietamiento a la fatiga se considera que la capa cementada pierde esas características pero, continua resistiendo como un material granular el cual falla luego por deformación. Las ecuaciones fueron desarrolladas por el CSIR de Sudáfrica.

**d) Fatiga:** El parámetro crítico es la deformación unitaria máxima ( $\epsilon_t$ ) en la parte inferior o dentro de la capa:

$$N_f = 10^{\left\{ \frac{6.87}{1 + 7.66 \sum b} \right\} \left( \sum \epsilon_t \right)}$$

Dónde:

$N_f$  = Número de cargas aplicadas para la falla.

$t$  = Deformación unitaria máxima en la capa.

$b$  = Deformación para la rotura del material (micro strain).

**f) Subrasante:** Para la subrasante, el criterio de falla está dado por una deformación vertical permanente de 12.7 mm en la superficie de la subrasante. La función de transferencia (ecuación de deformación) para la subrasante es la desarrollada por el Instituto del asfalto:

$$N_d = 1.365 \cdot 10^{09} (\sum c)^{04.477}$$

Dónde:

$N_d$  = Número de cargas aplicadas para la falla.

$c$  = Deformación unitaria de compresión en superficie de la subrasante.

### 1.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

- a) **Carpeta asfáltica:** Se considera, concreto asfáltico procesado en caliente con un módulo resiliente de 3000 MPa (aproximadamente 400000 psi).
- b) **Capas de material granular y subrasante:** Se considera la utilización de bases granulares con CBR de 80% (módulo resiliente aproximado de 250 MPa) y subbases granulares con CBR de 30% (módulo resiliente aproximado de 145 MPa). Para materiales de subrasante se consideran CBR entre 3 y 10 % (módulos resilientes aproximados entre 35 y 80 MPa).
- c) **Capas cementadas (bases estabilizadas con emulsiones asfálticas):** Para bases estabilizadas con cemento y toba cemento se considera una de resistencia a la compresión no confinada 40 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días (módulos resiliente aproximado de 7 GPa). Para las bases estabilizadas con cal hidratada se considera una resistencia a la compresión no confinada de 20 kg/cm<sup>2</sup> (módulo resiliente aproximado de 4200 MPa).

### 1.4. CRITERIOS Y SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

#### A. SUELO DE SUBRASANTE

Las estructuras de pavimento se desarrollaron por medio del método mecanístico de multicapa elástica, el cual aplica como parámetro de diseño el módulo resiliente. Existen una serie de fórmulas que correlacionan el CBR con el módulo resiliente; en este manual se utilizan las fórmulas desarrolladas por Heukelom y Klomp. En la Tabla 3.1 se muestran los rangos de valores de CBR para la selección de la capacidad de soporte de la subrasante utilizados en este manual.

$Mr = 17.6 \div CBR^{0.64}$ (MPa) $2 < CBR < 12$
$Mr = 22.1 \div CBR^{0.55}$ (MPa) $12 < CBR < 80$

Tabla 3.1. Rangos de diseño para la capacidad de soporte de la subrasante.

Rango	CBR (%)
S1	<3
S2	4–6
S3	7–9
S4	>9

*Fuente: Elaboración propia (2016).*

### B. TRÁNSITO DE DISEÑO

Para determinar la sollicitación de tránsito expresada en ejes equivalentes, se requiere de:

- Período de diseño estructural.
- Volumen de tránsito y tasa de crecimiento.
- Estratigrafía de carga de vehículos.

Con esta información el manual propone una metodología simplificada para la estimación de los Ejes Equivalentes de diseño. La información debe ser lo más cercana a la realidad y no se recomienda aplicar factores de seguridad propios.

**a) Período de diseño estructural:** El período de diseño estructural corresponde al período en el cual el pavimento construido debe proveer un adecuado nivel de servicio que asegure movilidad, accesibilidad y seguridad considerando sólo la conservación rutinaria. Para lo anterior, es indispensable que el pavimento posea estándares mínimos de conservación. El manual utiliza tres períodos de diseño estructural de tal forma: 10 y 15 años para estructuras flexibles, mientras que para capas de hormigón 20 y 25 años, con el fin de otorgar una mayor flexibilidad a la metodología de diseño. Si dentro de esos períodos se excede significativamente

los Ejes Equivalentes de diseño no se recomienda el uso de las estructuras presentes en este manual.

**b) Volumen de tránsito y tasas de crecimiento:** La obtención o estimación de los flujos de tránsito es una de las etapas críticas durante el proceso de diseño estructural de pavimentos, primero porque no es muy usual contar con buenos registros de tránsito en este tipo de vías, segundo porque normalmente presentan importantes variaciones estacionales de tránsito y tercero debido a la gran incertidumbre que existe sobre el comportamiento del futuro flujo vehicular una vez realizado los mejoramientos de estándar del camino.

La estimación del tránsito generado que producen los cambios de estándar de caminos de bajo volumen de tránsito, son uno de los mayores problemas a los cuales se enfrenta el diseñador al momento de estimar los flujos futuros de tránsito. El manual considera tasas de crecimiento de 4 % para el caso normal y de 7 % para el caso de existir tránsito generado (valores obtenidos del MTC).

## **1.5. RESULTADOS DIRECTOS DEL CONTEO VEHICULAR**

### **a) Resultados Obtenidos**

Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido, y el consolidado de ambos sentidos. El resumen se incluye en el texto del Informe.

En los Anexos se muestran los cuadros de los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido de circulación y la clasificación horaria y total para cada día de trabajo; así como el promedio semanal por sentido y el consolidado para ambos sentidos, para cada una de las estaciones predeterminadas.

## **b) Factor de Corrección Estacional**

Los volúmenes de tráfico vehicular varían cada mes debido a múltiples factores: A las estaciones del año, las épocas de cosecha, lluvias, ferias semanales, vacaciones, festividades, entre otros. Por consiguiente es necesario afectar los valores obtenidos durante un período de tiempo, por un factor de corrección que lleve estos valores al Promedio Diario Anual. Para efectuar los cálculos correspondientes en el presente informe se utilizan los factores publicados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Gerencia de Operaciones PROVIAS NACIONAL, datos propuestos al año 2006, que corresponden a la estación de peaje más cercana a la zona en estudio, en este caso la información se tomó de la Unidad de Peaje Quiulla (ubicado en el km 18+763 de la ruta PE-3S: La Oroya - Huancayo), para el efecto se utilizaron factores para vehículos ligeros y pesados.

<b>AÑO</b>	<b>F.C. Vehículos Ligeros</b>	<b>F.C. Vehículos Pesados</b>
Febrero 2006	1.085522	1.028769

*Fuente: Factores de corrección promedio para vehículos ligeros y pesados (2000-2010)*

La carretera departamental y vecinal Jauja - Ataura es una vía importante, que permite los flujos de pasajeros y carga, entre los distritos localizados en el Valle Yacus, Provincia de Jauja, Región Junín.

## **c) Estación Principal**

Huertas (EP-1) : Plaza Principal.

Duración : 7 días.

Días : del 13 de Febrero al 19 de Febrero del 2012.

Las labores de Conteo y clasificación en el campo se iniciaron el lunes 13 de febrero y concluyeron el domingo 19 de febrero de 2019, los trabajos se realizaron siete días consecutivos, clasificando



los vehículos por sentido de tráfico según su tipo, durante las veinticuatro horas del día.

#### d) Resultados Obtenidos:

Habiéndose efectuado en gabinete la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos se han obtenido resultados de los volúmenes de tráfico para cada día. En los cuadros del Anexo se muestran los cuadros de los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido y la clasificación horaria y total para cada día de la semana. En el cuadro No. 01 se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

**Cuadro No. 01.**

### VARIACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DIARIA POR SENTIDO

DIA		Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers				Trailers				TOTAL	
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3		
Lunes	15-02-10	19	64	3	4	0	2	3	1	20	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123
Martes	16-02-10	18	64	2	0	0	1	1	0	13	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105
Miércoles	17-02-10	21	64	4	2	1	4	1	0	20	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127
Jueves	18-02-10	18	60	3	1	0	2	1	1	15	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108
Viernes	19-02-10	17	66	4	0	1	2	2	0	14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112
Sábado	20-02-10	18	59	2	1	1	2	1	0	19	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108
Domingo	21-02-10	18	71	7	3	1	4	3	1	24	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140
<b>Total</b>		129	448	25	11	4	17	12	3	125	40	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	823
<b>IMD</b>		18	64	4	2	1	2	2	0	18	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118
<b>IMDa</b>		20	71	4	2	1	2	2	0	18	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 VEHICULOS PESADOS = 0.9825

DIA		Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers				Trailers				TOTAL	
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3		
Lunes	15-02-10	16	61	3	2	1	1	1	0	13	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105
Martes	16-02-10	15	65	5	1	1	1	1	0	18	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
Miércoles	17-02-10	20	65	5	3	0	2	2	0	15	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
Jueves	18-02-10	15	71	2	0	2	1	0	0	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
Viernes	19-02-10	18	64	4	1	1	1	1	0	18	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114
Sábado	20-02-10	16	71	4	0	0	1	1	1	15	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114
Domingo	21-02-10	18	67	3	2	1	2	2	0	15	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121
<b>Total</b>		118	464	26	9	6	9	8	1	112	36	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	799
<b>IMD</b>		17	66	4	1	1	1	1	0	16	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
<b>IMDa</b>		19	73	4	1	1	1	1	0	16	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 VEHICULOS PESADOS = 0.9825

**SENTIDO: AMBOS**

CARRETERA	TRAMO I: JALUA - ATAURA	Ubicación	PLAZA DEL DISTRITO DE HUERTAS
Sentido	AMBOS	Código de Estación	EP-01
Estación	km 3+200		

DIA	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion			Semi Trailers					Trailers				TOTAL							
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2		>=C3R3						
Lunes	15-02-10	35	125	6	6	1	3	4	1	33	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228
Martes	16-02-10	33	129	7	1	1	2	2	0	31	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218
Miércoles	17-02-10	41	129	9	5	1	6	3	0	35	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	246
Jueves	18-02-10	33	131	5	1	2	3	1	1	33	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	221
Viernes	19-02-10	35	130	8	1	2	3	3	0	32	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
Sábado	20-02-10	34	130	6	1	1	3	2	1	34	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222
Domingo	21-02-10	36	138	10	5	2	6	5	1	39	17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	261
<b>Total</b>		247	912	51	20	10	26	20	4	237	76	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,622
IMD		35	130	7	3	1	4	3	1	34	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232
IMDa		39	144	8	3	1	4	3	1	33	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 VEHICULOS PESADOS = 0.9825

**FUENTE:** *Conteos efectuados por el Consultor Estación Principal Plaza Principal Huertas (EP-01)*

▪ **Factores de Corrección Estacional.**

Para efectos de los cálculos del IMDa se ha tomado los Factores de corrección de la de la unidad de Peaje “Quiulla” F.C. para Vehículos Ligeros = 1.085522 y F.C. Vehículos Pesados = 1.028769.

▪ **Factor de Corrección Diario.**

Se calcula relacionando el volumen promedio diario con el volumen de cada día.

**Cuadro No. 02.**

FACTOR DE CORRECCION DIARIO		
DIA	VOLUMEN	FC
Lunes	228	1.01629
Martes	218	1.06291
Miércoles	246	0.94193
Jueves	221	1.04848
Viernes	226	1.02528
Sábado	222	1.04376
Domingo	261	0.88779
<b>PROMEDIO</b>	<b>232</b>	<b>1.00000</b>

**Fuente:** *Elaborado por la Sub Gerencia de Estudios.*

▪ **Factor de Corrección Horaria.**

Para calcular los factores de cada hora se relaciona en el IMD el volumen de cada hora con el volumen horario promedio del día.

**Cuadro No. 03.**  
**FACTOR DE CORRECCIÓN HORARIA**

DIA	FACTOR DE CORRECCION HORARIA																							
	0-1	FCH	1-2	FCH	2-3	FCH	3-4	FCH	4-5	FCH	5-6	FCH	6-7	FCH	7-8	FCH	8-9	FCH	9-10	FCH	10-11	FCH	11-12	FCH
Lunes	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		2.00	0.14	6.00	0.10	17.00	0.15	14.00	0.11	13.00	0.12	15.00	0.13	22.00	0.16
Martes	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		2.00	0.14	7.00	0.12	15.00	0.13	17.00	0.13	12.00	0.11	13.00	0.12	18.00	0.13
Miércoles	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		2.00	0.14	9.00	0.15	22.00	0.19	24.00	0.18	22.00	0.21	17.00	0.15	18.00	0.13
Jueves	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		2.00	0.14	5.00	0.08	8.00	0.07	20.00	0.15	12.00	0.11	14.00	0.12	15.00	0.11
Viernes	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		2.00	0.14	12.00	0.20	16.00	0.14	19.00	0.15	12.00	0.11	13.00	0.12	19.00	0.14
Sábado	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		2.00	0.14	6.00	0.10	19.00	0.16	18.00	0.14	14.00	0.13	15.00	0.13	22.00	0.16
Domingo	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		2.00	0.14	15.00	0.25	19.00	0.16	19.00	0.15	21.00	0.20	26.00	0.23	23.00	0.17
Total	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	14	1.00	60	1.00	116	1.00	131	1.00	106	1.00	113	1.00	137	1.00
DIA	FACTOR DE CORRECCION HORARIA																							
	12-13	FCH	13-14	FCH	14-15	FCH	15-16	FCH	16-17	FCH	17-18	FCH	18-19	FCH	19-20	FCH	20-21	FCH	21-22	FCH	22-23	FCH	23-24	FCH
Lunes	21.00	0.13	21.00	0.11	26.00	0.16	21.00	0.16	14.00	0.13	25.00	0.20	7.00	0.13	4.00	0.24	0.00		0.00		0.00		0.00	
Martes	23.00	0.14	24.00	0.13	28.00	0.17	15.00	0.11	16.00	0.15	17.00	0.13	9.00	0.16	2.00	0.12	0.00		0.00		0.00		0.00	
Miércoles	25.00	0.16	23.00	0.13	24.00	0.15	18.00	0.14	15.00	0.14	14.00	0.11	12.00	0.21	1.00	0.06	0.00		0.00		0.00		0.00	
Jueves	22.00	0.14	29.00	0.16	28.00	0.17	19.00	0.14	16.00	0.15	20.00	0.16	7.00	0.13	4.00	0.24	0.00		0.00		0.00		0.00	
Viernes	21.00	0.13	29.00	0.16	22.00	0.13	19.00	0.14	16.00	0.15	16.00	0.13	7.00	0.13	3.00	0.18	0.00		0.00		0.00		0.00	
Sábado	22.00	0.14	25.00	0.14	20.00	0.12	19.00	0.14	12.00	0.11	20.00	0.16	6.00	0.11	2.00	0.12	0.00		0.00		0.00		0.00	
Domingo	25.00	0.16	32.00	0.17	17.00	0.10	22.00	0.17	16.00	0.15	15.00	0.12	8.00	0.14	1.00	0.06	0.00		0.00		0.00		0.00	
Total	159	1.00	183	1.00	165	1.00	133	1.00	105	1.00	127	1.00	56	1.00	17	1.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.

▪ **Promedio de Tráfico Vehicular de la Semana de Conteo.**

En el presente Estudio es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$IMD = \text{Suma de volumen diario} / 7.$$

**Cuadro No. 04: IMDa en el Tramo Jauja – Ataura.**

Tipo de Vehículo	Auto móvil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers					Trailers				TOTAL			
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3				
IMD	35	130	7	3	1	4	3	1	34	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232

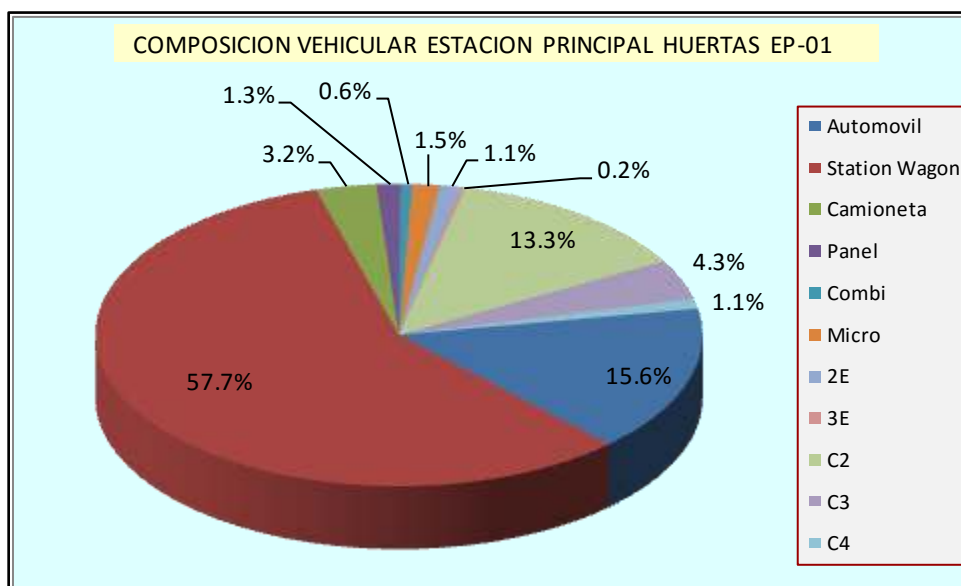
Fuente: Elaboración Propia (2016).

**Cuadro No. 05**

TRAMO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO																					
				Automovil	Station Wagon	Camioneta	Panel	Combi	Micro	Omnibus		Camion			Semi Trailers					Trailers					
										2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3	
JAUJA - ATAUARA	EP-1	ambos	249	39	144	8	3	2	4	3	1	33	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		%	100.0	15.6	57.7	3.2	1.3	0.6	1.5	1.1	0.2	13.3	4.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia (2016).

**Gráfico No. 01.**  
**COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL TRÁFICO, POR TIPO DE VEHÍCULO ESTACION PRINCIPAL HUERTAS (EP-01)**



*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

▪ **Clasificación Vehicular Promedio**

**Cuadro Nº 06.**

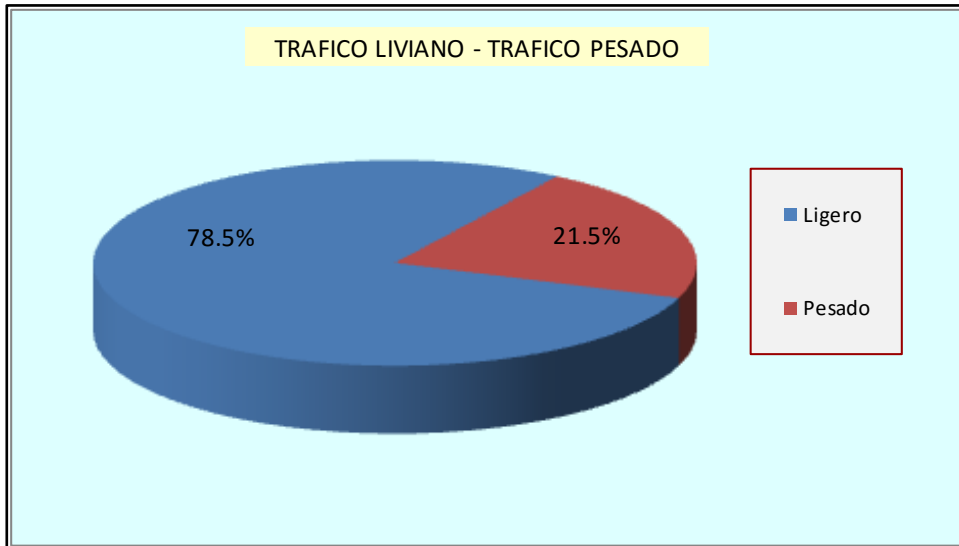
TIPO DE VEHICULO	IMD	%
Automovil	39	15.6%
Station Wagon	144	57.7%
Camioneta	8	3.2%
Panel	3	1.3%
Combi	2	0.6%
Micro	4	1.5%
2E	3	1.1%
3E	1	0.2%
C2	33	13.3%
C3	11	4.3%
C4	3	1.1%
T2S1	0	0.0%
T2S2	0	0.0%
T2S3	0	0.0%
T3S1	0	0.0%
T3S2	0	0.0%
>=T3S3	0	0.0%
C2R2	0	0.0%
C2R3	0	0.0%
C3R2	0	0.0%
>=C3R3	0	0.0%
<b>TOTAL</b>	<b>249</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

▪ **Análisis de Tráfico Pesado/Ligero**

Se puede Observar en el Gráfico No. 02, que en el tramo Jauja - Ataura circulan en un 21.5% vehículos pesados y 78.5% vehículos ligeros.

**Gráfico No. 02.**

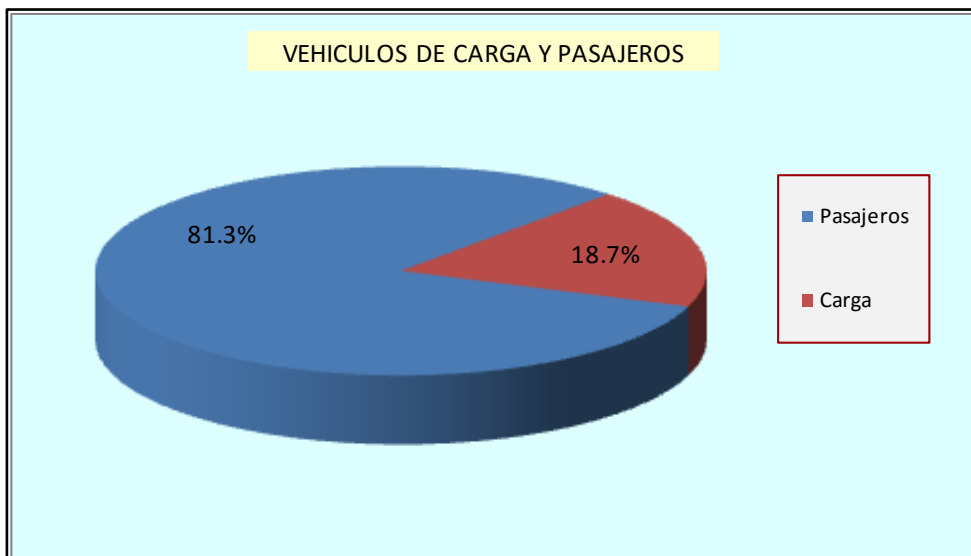


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

▪ **Análisis de Vehículos de Carga y Pasajero**

El gráfico No. 03 muestra la distribución porcentual que existe entre vehículos de carga y pasajero.

**Gráfico No. 03.**

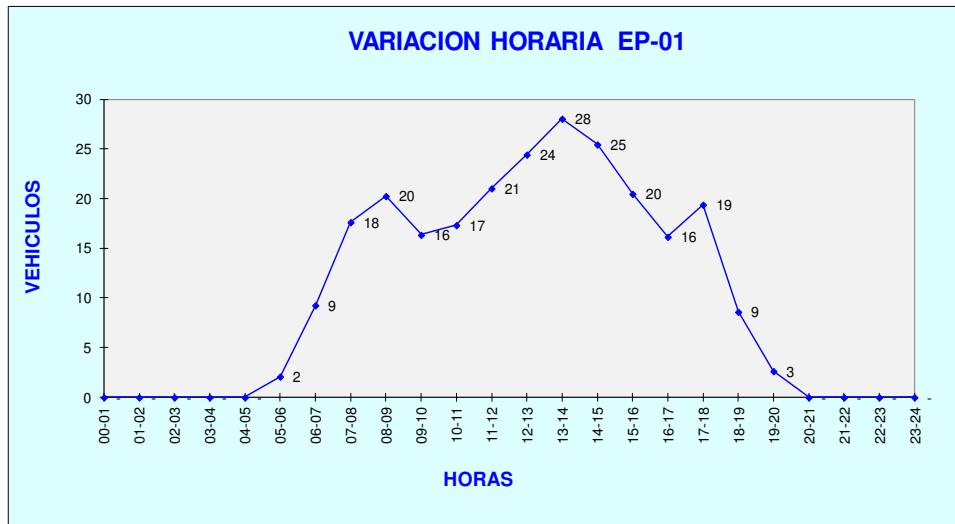


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de la Variación Horaria**

El volumen horario empieza a incrementar desde las 05:00 horas y disminuir desde las 20:00 horas, la hora punta se presenta de 13 - 14 horas.

**Grafico No. 04.**

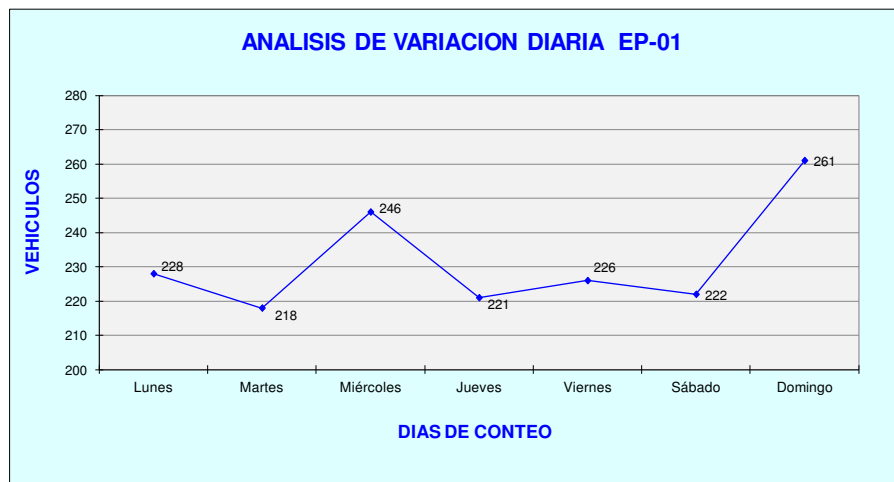


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de la Variación Diaria**

De acuerdo al resumen del conteo vehicular diario de tráfico registrado, en la Estación Huertas (EP-01) de Control, el mayor número de vehículos se presenta el día viernes con 261 vehículos y el menor el día martes con 218 vehículos. Asimismo el Gráfico No. 05 muestra una variación promedio de 20 vehículos por día.

**Gráfico No. 05.**



*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

### e) Estación Principal Molinos

(EP-2) : Plaza Principal.

Duración : 7 días.

Días : del 13 de Febrero al 19 de Febrero del 2012.

Las labores de Conteo y clasificación en el campo se iniciaron el lunes 13 de febrero y concluyeron el domingo 19 de febrero de 2012, los trabajos se realizaron siete días consecutivos, clasificando los vehículos por sentido de tráfico según su tipo, durante las veinticuatro horas del día.

### RESULTADOS OBTENIDOS:

Habiéndose efectuado en gabinete la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos se han obtenido resultados de los volúmenes de tráfico para cada día.

En los cuadros del Anexo se muestran los cuadros de los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido y la clasificación horaria y total para cada día de la semana. En el cuadro No. 01 se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

### Cuadro No. 07.

### VARIACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DIARIA POR SENTIDO

SENTIDO: MOLINOS - BARRIO CENTRO																								
CARRETERA		TRAMO II: MOLINOS - BARRIO CENTRO												Ubicación		PLAZA DE DISTRITO DE MOLINOS								
Sentido		MOLINOS - BARRIO CENTRO												Codigo de Estad		EP-02								
Estación		km 0+900																						
DIA	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion			Semi Trailers					Trailers				TOTAL			
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	≥=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2		≥=C3R3		
Lunes	15-02-10	4	42	3	1	0	1	1	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
Martes	16-02-10	6	44	3	2	0	2	0	1	7	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
Miércoles	17-02-10	6	41	3	0	0	1	0	0	10	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
Jueves	18-02-10	3	39	2	2	0	2	0	0	7	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
Viernes	19-02-10	6	38	4	0	0	0	0	0	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
Sábado	20-02-10	3	39	4	1	1	4	1	2	13	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
Domingo	21-02-10	6	46	7	3	0	2	1	1	11	6	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
Total		34	289	26	9	1	12	3	4	69	24	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480
IMD		5	41	4	1	0	2	0	1	10	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
IMDa		6	45	4	1	0	2	0	1	10	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 VEHICULOS PESADOS = 0.9825

**FUENTE:** Conteos efectuados por el Consultor Estación Principal Plaza Principal Molinos (EP-02)

**SENTIDO: BARRIO CENTRO - MOLINOS**

CARRETERA	TRAMO II: MOLINOS - BARRIO CENTRO
Sentido	BARRIO CENTRO - MOLINOS
Estación	km 0+900

Ubicación	PLAZA DE DISTRITO DE MOLINOS
Código de Estad	EP-02

DIA	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers					Trailers				TOTAL													
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3														
Lunes	15-02-10	4	37	3	0	0	1	2	1	11	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
Martes	16-02-10	9	30	0	0	0	2	1	1	10	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
Miércoles	17-02-10	8	45	6	4	1	3	1	2	15	5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
Jueves	18-02-10	4	36	1	0	0	2	1	1	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
Viernes	19-02-10	2	42	4	1	1	3	1	1	12	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
Sábado	20-02-10	6	39	3	0	0	0	0	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
Domingo	21-02-10	8	45	5	0	1	3	0	2	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	
<b>Total</b>		41	274	22	5	3	14	6	8	82	25	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	486	
IMD		6	39	3	1	0	2	1	1	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	
IMDa		7	43	3	1	0	2	1	1	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 VEHICULOS PESADOS = 0.9825

**SENTIDO: AMBOS**

CARRETERA	TRAMO II: MOLINOS - BARRIO CENTRO
Sentido	AMBOS
Estación	km 0+900

Ubicación	PLAZA DE DISTRITO DE MOLINOS
Código de Estad	EP-02

DIA	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers					Trailers				TOTAL												
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3													
Lunes	15-02-10	8	79	6	1	0	2	3	1	21	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128
Martes	16-02-10	15	74	3	2	0	4	1	2	17	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124
Miércoles	17-02-10	14	86	9	4	1	4	1	2	25	11	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160
Jueves	18-02-10	7	75	3	2	0	4	1	1	16	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116
Viernes	19-02-10	8	80	8	1	1	3	1	1	23	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134
Sábado	20-02-10	9	78	7	1	1	4	1	2	22	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132
Domingo	21-02-10	14	91	12	3	1	5	1	3	27	11	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172
<b>Total</b>		75	563	48	14	4	26	9	12	151	49	4	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	966
IMD		11	80	7	2	1	4	1	2	22	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138
IMDa		12	89	8	2	1	4	1	2	21	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 VEHICULOS PESADOS = 0.9825

**FUENTE: Conteos efectuados por el Consultor Estación Principal Plaza Principal Molinos (EP-02)**

▪ **Factores de Corrección Estacional**

Para efectos de los cálculos del IMDa se ha tomado los Factores de corrección de la de la unidad de Peaje “Quiulla” F.C. para Vehículos Ligeros = 1.085522 y F.C. Vehículos Pesados = 1.028769.

▪ **Factor de Corrección Diario**

Se calcula relacionando el volumen promedio diario con el volumen de cada día.



**Cuadro No. 08.**

FACTOR DE CORRECCION DIARIO		
DIA	VOLUMEN	FC
Lunes	128	1.07813
Martes	124	1.11290
Miércoles	160	0.86250
Jueves	116	1.18966
Viernes	134	1.02985
Sábado	132	1.04545
Domingo	172	0.80233
<b>PROMEDIO</b>	<b>138</b>	<b>1.00000</b>

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencia de Estudios.*

▪ **Factor de Corrección Horaria**

Para calcular los factores de cada hora se relaciona en el IMD el volumen de cada hora con el volumen horario promedio del día.

**Cuadro No. 09.**

**FACTOR DE CORRECCIÓN HORARIA**

DIA	FACTOR DE CORRECCION HORARIA																							
	0-1	FCH	1-2	FCH	2-3	FCH	3-4	FCH	4-5	FCH	5-6	FCH	6-7	FCH	7-8	FCH	8-9	FCH	9-10	FCH	10-11	FCH	11-12	FCH
Lunes	0		0		0		0		0		2	0.17	8	0.16	17	0.15	14	0.13	9	0.13	5	0.13	20	0.26
Martes	0		0		0		0		0		1	0.08	6	0.12	15	0.13	16	0.14	7	0.10	3	0.08	9	0.12
Miércoles	0		0		0		0		0		2	0.17	6	0.12	18	0.16	23	0.21	14	0.20	10	0.26	14	0.18
Jueves	0		0		0		0		0		1	0.08	5	0.10	7	0.06	18	0.16	12	0.17	4	0.10	6	0.08
Viernes	0		0		0		0		0		2	0.17	13	0.26	13	0.11	13	0.12	9	0.13	7	0.18	6	0.08
Sábado	0		0		0		0		0		2	0.17	6	0.12	23	0.20	12	0.11	10	0.14	3	0.08	10	0.13
Domingo	0		0		0		0		0		2	0.17	6	0.12	23	0.20	15	0.14	10	0.14	7	0.18	12	0.16
Total	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	12	1.00	50	1.00	116	1.00	111	1.00	71	1.00	39	1.00	77	1.00
DIA	FACTOR DE CORRECCION HORARIA																							
	12-13	FCH	13-14	FCH	14-15	FCH	15-16	FCH	16-17	FCH	17-18	FCH	18-19	FCH	19-20	FCH	20-21	FCH	21-22	FCH	22-23	FCH	23-24	FCH
Lunes	20	0.17	16	0.12	6	0.07	5	0.10	3	0.10	3	0.08	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Martes	17	0.14	17	0.13	11	0.12	8	0.16	4	0.13	5	0.13	2	0.13	3	0.33	0		0		0		0	
Miércoles	22	0.18	18	0.13	14	0.16	6	0.12	7	0.23	4	0.10	2	0.13	0	0.00	0		0		0		0	
Jueves	18	0.15	17	0.13	8	0.09	7	0.14	4	0.13	6	0.15	3	0.19	0	0.00	0		0		0		0	
Viernes	11	0.09	23	0.17	16	0.18	9	0.18	4	0.13	6	0.15	2	0.13	0	0.00	0		0		0		0	
Sábado	11	0.09	18	0.13	14	0.16	8	0.16	3	0.10	7	0.18	2	0.13	3	0.33	0		0		0		0	
Domingo	20	0.17	26	0.19	20	0.22	8	0.16	6	0.19	9	0.23	5	0.31	3	0.33	0		0		0		0	
Total	119	1.00	135	1.00	89	1.00	51	1.00	31	1.00	40	1.00	16	1.00	9	1.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

▪ **Promedio de Tráfico Vehicular de la Semana de Conteo**

En el presente Estudio es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$IMD = \text{Suma de volumen diario} / 7.$$

**Cuadro No. 10. IMDa en el Tramo Jauja – Ataura**

Tipo de Vehículo	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion			Semi Trailers					Trailers				TOTAL							
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2		>=C3R3						
<b>IMD</b>	11	80	7	2	1	4	1	2	22	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138

**Fuente: Elaboración propia (2016).**

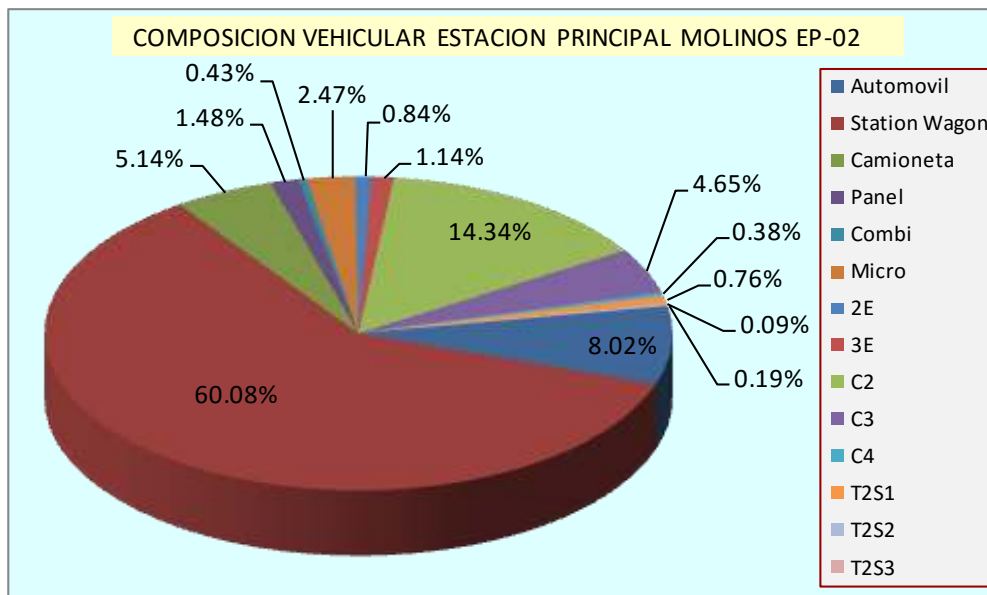
**Cuadro No. 11.**

TRAMO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO																							
				Automovil	Station Wagon	Camioneta	Panel	Combi	Micro	Omnibus		Camion			Semi Trailers					Trailers							
										2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R3				
MOLINOS - BARRIO CENTRO	EP-2	ambos	148	12	89	8	2	1	4	1	2	21	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		%	100	8.0	60.1	5.1	1.5	0.4	2.5	0.8	1.1	14.3	4.7	0.4	0.8	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Fuente: Elaboración propia (2016).**

**Gráfico No. 06.**

**COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL TRÁFICO, POR TIPO DE VEHÍCULO ESTACION PRINCIPAL MOLINOS (EP-02)**



**Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.**

- **Clasificación Vehicular Promedio**

**Cuadro N° 12.**

TIPO DE VEHICULO	IMD	%
Automovil	12	8.0%
Station Wagon	89	60.1%
Camioneta	8	5.1%
Panel	2	1.5%
Combi	1	0.4%
Micro	4	2.5%
2E	1	0.8%
3E	2	1.1%
C2	21	14.3%
C3	7	4.7%
C4	1	0.4%
T2S1	1	0.8%
T2S2	0	0.1%
T2S3	0	0.2%
T3S1	0	0.0%
T3S2	0	0.0%
>=T3S3	0	0.0%
C2R2	0	0.0%
C2R3	0	0.0%
C3R2	0	0.0%
>=C3R3	0	0.0%
<b>TOTAL</b>	<b>148</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de Tráfico Pesado/Ligero**

Se puede Observar en el Gráfico No. 02, que en el tramo Jauja - Ataura circulan en un 21.5% vehículos pesados y 78.5% vehículos ligeros.

**Gráfico No. 07.**

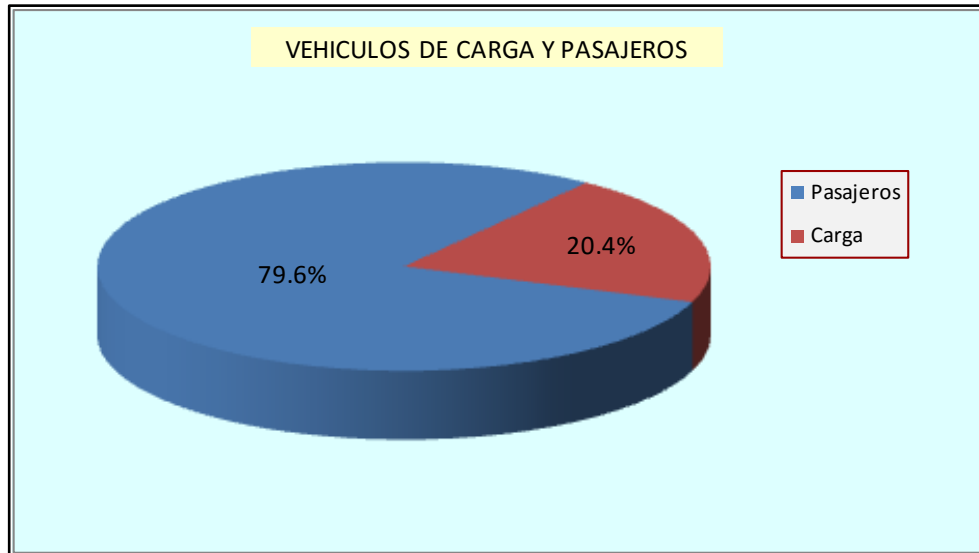


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de Vehículos de Carga y Pasajero**

El gráfico No. 03 muestra la distribución porcentual que existe entre vehículos de carga y pasajero.

**Gráfico No. 08.**

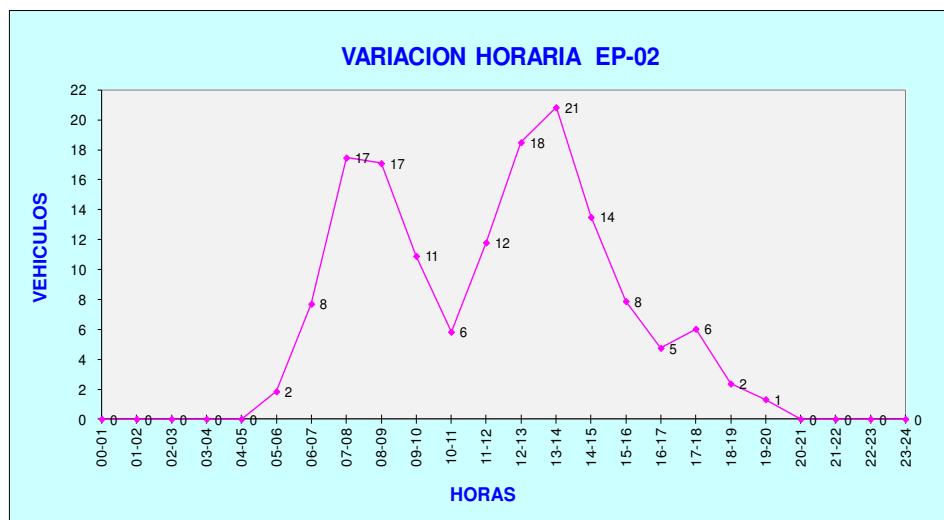


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de la Variación Horaria**

El volumen horario empieza a incrementar desde las 05:00 horas y disminuir desde las 20:00 horas, la hora punta se presenta de 13 - 14 horas.

**Gráfico No. 09.**

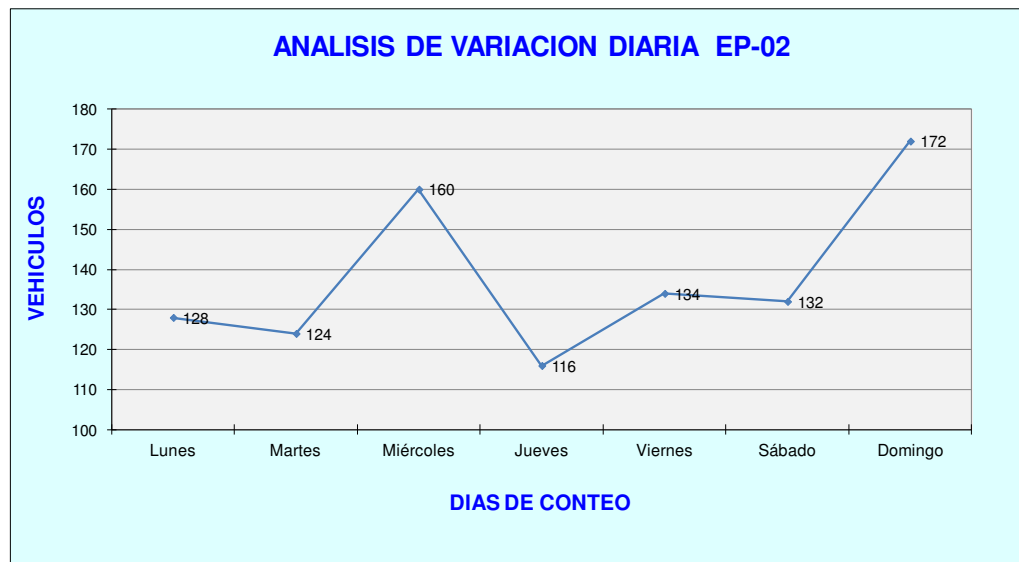


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

▪ **Análisis de la Variación Diaria**

De acuerdo al resumen del conteo vehicular diario de tráfico registrado, en la Estación Huertas (EP-01) de Control, el mayor número de vehículos se presenta el día viernes con 261 vehículos y el menor el día martes con 218 vehículos. Asimismo el Gráfico No. 05 muestra una variación promedio de 20 vehículos por día.

**Gráfico No. 10.**



*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

**f) Estación Principal Masma Chicche**

(EP-5) : Plaza Principal

Duración : 7 días

Días : del 13 de Febrero al 19 de Febrero del 2012

Las labores de Conteo y clasificación en el campo se iniciaron el lunes 13 de febrero y concluyeron el domingo 19 de febrero de 2012, los trabajos se realizaron siete días consecutivos, clasificando los vehículos por sentido de tráfico según su tipo, durante las veinticuatro horas del día.

## RESULTADOS OBTENIDOS:

Habiéndose efectuado en gabinete la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos se han obtenido resultados de los volúmenes de tráfico para cada día.

En los cuadros del Anexo se muestran los cuadros de los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido y la clasificación horaria y total para cada día de la semana. En el cuadro No. 01 se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

**Cuadro No. 13.**  
**VARIACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DIARIA POR SENTIDO**

SENTIDO: MASMA - MASMA CHICCHE																						
CARRETERA		TRAMO III: MASMA - MASMA CHICCHE										Ubicación		PLAZA DE MASMA CHICCHE								
Sentido		MASMA - MASMA CHICCHE										Codigo de Estad		EP-05								
Estación		km 5+620																				
DIA	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers					Trailers				TOTAL
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3	
Lunes	15-02-10	3	32	3	0	0	2	0	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
Martes	16-02-10	3	30	1	0	0	0	0	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
Miércoles	17-02-10	4	30	2	0	0	3	1	0	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
Jueves	18-02-10	3	29	0	0	0	2	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
Viernes	19-02-10	6	26	2	0	1	2	0	0	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
Sábado	20-02-10	4	28	0	0	0	1	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
Domingo	21-02-10	4	30	2	0	2	1	1	0	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
<b>Total</b>		27	205	10	0	3	11	2	0	62	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	357
<b>IMD</b>		4	29	1	0	0	2	0	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
<b>IMDa</b>		4	32	2	0	0	2	0	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044      VEHICULOS PESADOS = 0.983

**FUENTE: Conteos efectuados por el Consultor Estación Principal Plaza Principal Molinos (EP-02).**

**SENTIDO: MASMA CHICCHE - MASMA**

CARRETERA	TRAMO III: MASMA - MASMA CHICCHE
Sentido	MASMA CHICCHE - MASMA
Estación	km 5+620

Ubicación	PLAZA DE MASMA CHICCHE
Código de Estad	EP-05

DIA	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers					Trailers				TOTAL										
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3											
Lunes	15-02-10	2	30	2	2	1	1	1	2	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
Martes	16-02-10	2	30	3	1	1	2	1	0	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	
Miércoles	17-02-10	6	29	6	1	1	2	1	2	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69		
Jueves	18-02-10	2	31	5	1	0	0	1	1	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54		
Viernes	19-02-10	4	27	5	1	0	1	1	2	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58		
Sábado	20-02-10	6	26	6	1	1	1	1	1	13	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59		
Domingo	21-02-10	6	30	5	1	2	4	2	1	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71		
<b>Total</b>		28	203	32	8	6	11	8	9	100	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	425		
<b>IMD</b>		4	29	5	1	1	2	1	1	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61		
<b>IMDa</b>		4	32	5	1	1	2	1	1	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64		

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 ; VEHICULOS PESADOS = 0.983

**SENTIDO: AMBOS**

CARRETERA	TRAMO III: MASMA - MASMA CHICCHE
Sentido	AMBOS
Estación	km 5+620

Ubicación	PLAZA DE MASMA CHICCHE
Código de Estad	EP-05

DIA	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion				Semi Trailers					Trailers				TOTAL								
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3									
Lunes	15-02-10	5	62	5	2	1	3	1	2	24	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112
Martes	16-02-10	5	60	4	1	1	2	1	0	21	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
Miércoles	17-02-10	10	59	8	1	1	5	2	2	29	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	
Jueves	18-02-10	5	60	5	1	0	2	1	1	19	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
Viernes	19-02-10	10	53	7	1	1	3	1	2	23	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	
Sábado	20-02-10	10	54	6	1	1	2	1	1	19	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	
Domingo	21-02-10	10	60	7	1	4	5	3	1	27	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	
<b>Total</b>		55	408	42	8	9	22	10	9	162	56	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	782	
<b>IMD</b>		8	58	6	1	1	3	1	1	23	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	
<b>IMDa</b>		9	64	7	1	1	3	1	1	23	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119	

FACTOR DE CORRECCION: VEHICULOS LIGEROS = 1.1044 ; VEHICULOS PESADOS = 0.983

**FUENTE:** Conteos efectuados por el Consultor Estación Principal Plaza Principal Molinos (EP-02).

▪ **Factores de Corrección Estacional**

Para efectos de los cálculos del IMDa se ha tomado los Factores de corrección de la de la unidad de Peaje "Quiulla" F.C. para Vehículos Ligeros = 1.085522 y F.C. Vehículos Pesados = 1.028769.

▪ **Factor de Corrección Diario**

Se calcula relacionando el volumen promedio diario con el volumen de cada día.

**Cuadro No. 14.**

FACTOR DE CORRECCION DIARIO		
DIA	VOLUMEN	FC
Lunes	112	0.99745
Martes	101	1.10608
Miércoles	127	0.87964
Jueves	100	1.11714
Viernes	109	1.02490
Sábado	103	1.08460
Domingo	130	0.85934
<b>PROMEDIO</b>	<b>112</b>	<b>1.00000</b>

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencia de Estudios.*

▪ **Factor de Corrección Horaria**

Para calcular los factores de cada hora se relaciona en el IMD el volumen de cada hora con el volumen horario promedio del día.

**Cuadro No. 15.**

**FACTOR DE CORRECCIÓN HORARIA**

DIA	FACTOR DE CORRECCION HORARIA																							
	0-1	FCH	1-2	FCH	2-3	FCH	3-4	FCH	4-5	FCH	5-6	FCH	6-7	FCH	7-8	FCH	8-9	FCH	9-10	FCH	10-11	FCH	11-12	FCH
Lunes	0		0		0		0		0		1	0.13	5	0.17	15	0.15	17	0.16	6	0.13	9	0.16	7	0.11
Martes	0		0		0		0		0		1	0.13	3	0.10	10	0.10	17	0.16	5	0.10	8	0.14	8	0.13
Miércoles	0		0		0		0		0		2	0.25	5	0.17	17	0.18	15	0.14	9	0.19	10	0.17	11	0.17
Jueves	0		0		0		0		0		1	0.13	3	0.10	12	0.12	13	0.12	7	0.15	7	0.12	9	0.14
Viernes	0		0		0		0		0		1	0.13	4	0.13	13	0.13	13	0.12	5	0.10	9	0.16	10	0.16
Sábado	0		0		0		0		0		1	0.13	4	0.13	14	0.14	12	0.11	8	0.17	6	0.10	8	0.13
Domingo	0		0		0		0		0		1	0.13	6	0.20	16	0.16	21	0.19	8	0.17	9	0.16	10	0.16
Total	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	1.00	30	1.00	97	1.00	108	1.00	48	1.00	58	1.00	63	1.00
DIA	FACTOR DE CORRECCION HORARIA																							
	12-13	FCH	13-14	FCH	14-15	FCH	15-16	FCH	16-17	FCH	17-18	FCH	18-19	FCH	19-20	FCH	20-21	FCH	21-22	FCH	22-23	FCH	23-24	FCH
Lunes	17	0.17	16	0.14	8	0.13	2	0.08	4	0.14	4	0.14	1	0.17	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Martes	17	0.17	11	0.09	9	0.14	5	0.21	4	0.14	3	0.11	0	0.00	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Miércoles	14	0.14	20	0.17	10	0.16	3	0.13	4	0.14	6	0.21	1	0.17	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Jueves	14	0.14	14	0.12	7	0.11	5	0.21	4	0.14	3	0.11	1	0.17	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Viernes	13	0.13	18	0.15	10	0.16	4	0.17	4	0.14	4	0.14	1	0.17	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Sábado	13	0.13	18	0.15	9	0.14	2	0.08	4	0.14	4	0.14	0	0.00	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Domingo	14	0.14	20	0.17	11	0.17	3	0.13	5	0.17	4	0.14	2	0.33	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Total	102	1.00	117	1.00	64	1.00	24	1.00	29	1.00	28	1.00	6	1.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

▪ **Promedio de Tráfico Vehicular de la Semana de Conteo**

En el presente Estudio es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$IMD = \text{Suma de volumen diario} / 7.$$



**Cuadro No. 16. IMDa en el Tramo Jauja – Ataura**

Tipo de Vehículo	Auto movil	Station Wagon	Camioneta			Micro	Omnibus		Camion			Semi Trailers					Trailers				TOTAL							
			Pick Up	Panel	Combi		2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2		>=C3R3						
IMD	8	58	6	1	1	3	1	1	23	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112

*Fuente: elaboración propia (2016).*

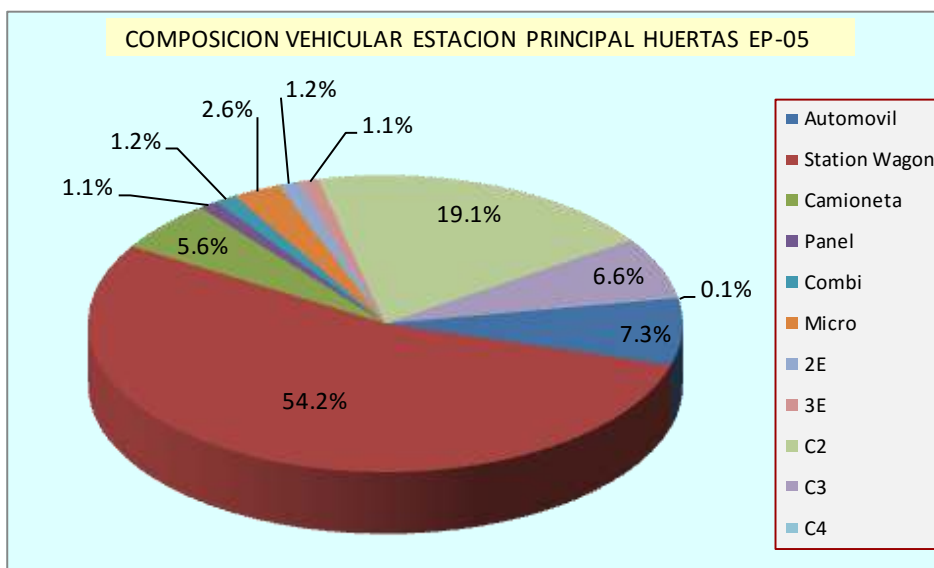
**Cuadro No. 17.**

TRAMO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO																								
				Automovil	Station Wagon	Camioneta	Panel	Combi	Micro	Omnibus		Camion			Semi Trailers					Trailers								
				2E	3E	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	>=C3R3										
MASMA - MASMA	EP-5	ambos	119	9	64	7	1	1	3	1	1	23	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHICCHE		%	100	7.3	54.2	5.6	1.1	1.2	2.6	1.2	1.1	19.1	6.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Fuente: elaboración propia (2016).*

**Gráfico No. 11.**

**COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL TRÁFICO, POR TIPO DE VEHÍCULO ESTACION PRINCIPAL MOLINOS (EP-02)**



*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Clasificación Vehicular Promedio**

**Cuadro N° 18.**

TIPO DE VEHICULO	IMD	%
Automovil	9	7.3%
Station Wagon	64	54.2%
Camioneta	7	5.6%
Panel	1	1.1%
Combi	1	1.2%
Micro	3	2.6%
2E	1	1.2%
3E	1	1.1%
C2	23	19.1%
C3	8	6.6%
C4	0	0.1%
T2S1	0	0.0%
T2S2	0	0.0%
T2S3	0	0.0%
T3S1	0	0.0%
T3S2	0	0.0%
>=T3S3	0	0.0%
C2R2	0	0.0%
C2R3	0	0.0%
C3R2	0	0.0%
>=C3R3	0	0.0%
<b>TOTAL</b>	<b>119</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de Tráfico Pesado/Ligero**

Se puede Observar en el Gráfico No. 02, que en el tramo Jauja - Ataura circulan en un 21.5% vehículos pesados y 78.5% vehículos ligeros.

**Gráfico No. 12.**

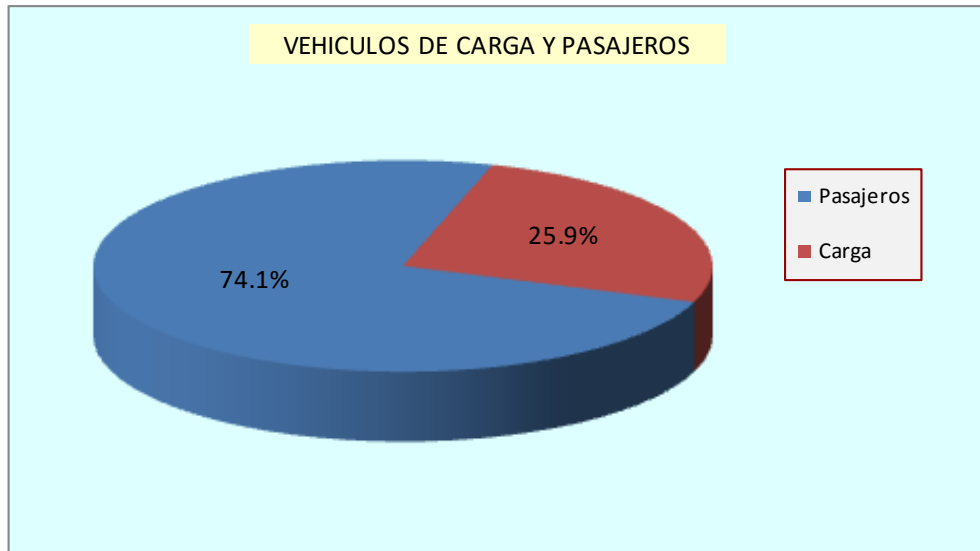


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de Vehículos de Carga y Pasajero**

El gráfico No. 03 muestra la distribución porcentual que existe entre vehículos de carga y pasajero.

**Gráfico No. 13.**

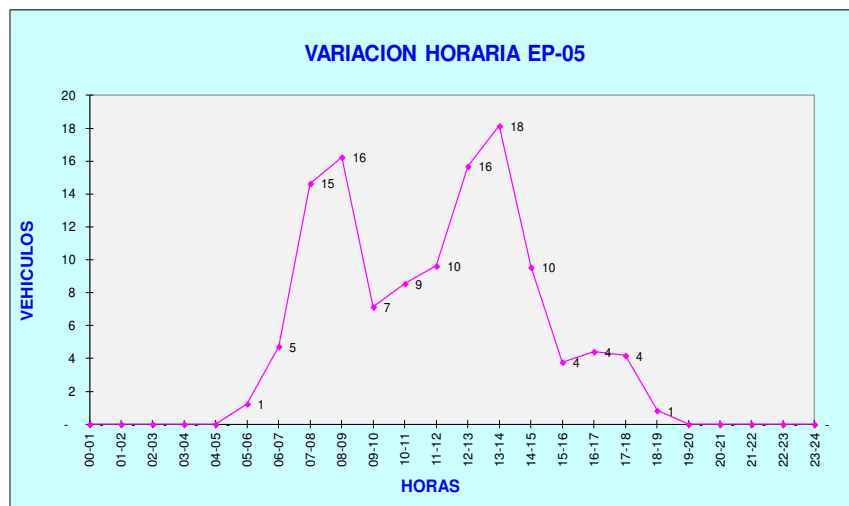


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

- **Análisis de la Variación Horaria**

El volumen horario empieza a incrementar desde las 05:00 horas y disminuir desde las 20:00 horas, la hora punta se presenta de 13 - 14 horas.

**Gráfico No. 14.**

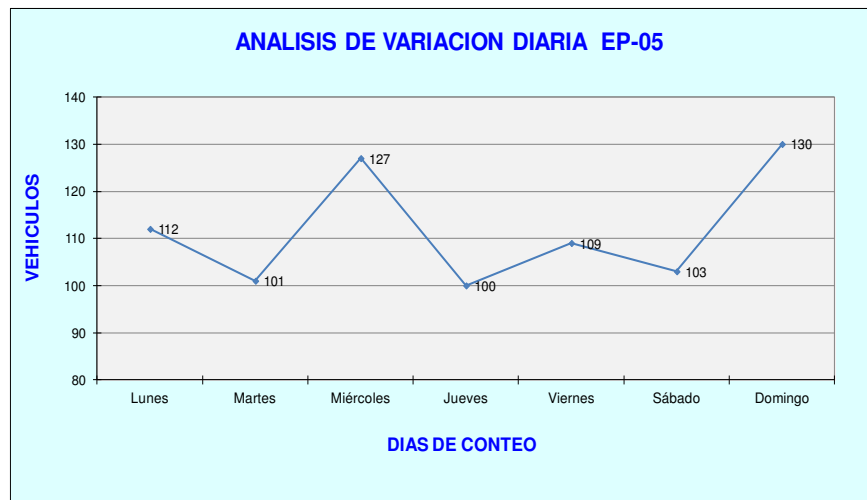


*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

▪ **Análisis de la Variación Diaria**

De acuerdo al resumen del conteo vehicular diario de tráfico registrado, en la Estación Huertas (EP-01) de Control, el mayor número de vehículos se presenta el día viernes con 261 vehículos y el menor el día martes con 218 vehículos. Asimismo el Gráfico No. 05 muestra una variación promedio de 20 vehículos por día.

**Gráfico No. 15.**



*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

**1.6. ESTRATIGRAFÍA DE CARGA**

La estratigrafía de carga permite definir cuál es la real influencia que tiene cada tipo de vehículo sobre las solicitudes totales de tránsito, representadas por medio de los ejes equivalentes de tránsito. No obstante, es necesario mencionar el problema que existe para controlar las normas de cargas máximas para los vehículos pesados, sobre todo a lo largo de la red vial comunal de nuestro país. Esto implica que las estimaciones de las solicitudes realizadas para la vida de servicio del pavimento pueden estar subestimadas, provocando que el camino analizado tenga una duración menor a la prevista. En nuestro país, para efectos del cálculo de Ejes Equivalentes, se cuenta con la estratigrafía mostrada en la Tabla 3.2 donde el factor camión es el factor utilizado para el cálculo de ejes equivalentes.

**Tabla 3.2. Estratigrafía de vehículos utilizada en C.R.**

Tipo de vehículo	Factor camión	Descripción
Liviano	0,0001	2 ejes simples
Bus	0,65	1 eje simple, 1 eje dual
CL	0,1	2 ejes simples
C2	0,8	1 eje simple, 1 eje dual
C3	1,4	1 eje simple, 1 eje tandem
T3-S2	2,2	1 eje simple, 2 ejes tandem

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

### **A. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO**

Para la determinación de los Ejes Equivalentes de diseño, se debe seguir el procedimiento descrito a continuación:

- Definir el período de diseño. El período de diseño utilizado de 5 a 15 años, generalmente.
- Estimar el número de vehículos que transitan por el camino en un sentido (buses, camiones y vehículos livianos). Para la estimación de este valor es posible realizar una o más de las siguientes acciones:
  - a) Conteo de los vehículos en ambos sentidos durante 12 horas en horario diurno. Generalmente se recomienda realizar el conteo en una semana hábil normal, preferentemente lunes, jueves o viernes.
  - b) Obtener una estimación analizando otros caminos cercanos al proyecto en estudio de tal forma que se pueda concluir que poseen similar distribución vehicular.
  - c) Realizar encuestas origen destino en el mismo camino.
- Definir la tasa de crecimiento de los vehículos. La metodología permite definir dos tasas de crecimiento, 4 y 7%. La elección de una u otra depende de quién realiza el análisis, sin embargo se recomienda la utilización de la tasa de 4% salvo en el caso en que se puede afirmar con seguridad que el cambio de estándar del camino producirá un tránsito generado significativo.
- Aplicar los niveles de tránsito y estratigrafía presentados en este manual, para verificar o realizar un chequeo de los conteos.

El cálculo de Ejes equivalentes se puede realizar con la siguiente ecuación:

$$\text{Log } W_{8,2} = Z_R * S_0 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.30 * \text{Log } M_R - 8.07$$

DATOS			R	Z <sub>R</sub>
PERIODO DE DISEÑO = 5 AÑOS			70	-0.524
SN	1.4974		75	-0.674
w18	172,078		80	-0.841
Z <sub>R</sub>	-0.524		85	-1.037
S <sub>0</sub>	0.45		90	-1.282
DPSI	2.5	4,0 - 1,5	91	-1.34
M <sub>R</sub>	20,935		92	-1.405
			93	-1.476
			94	-1.555
			95	-1.645
			96	-1.751
ITERACIONES			97	-1.881
A	log w18			5.23572535
B	Z <sub>R</sub> x S <sub>0</sub>			-0.2358
C	9.36 x log (SN+1)			3.720488685
D	log(DPSI/(4.2-1.5))			-0.033423755
E	0.4+(1094/(SN+1))^5.19)			9.863549208
F	2.32xlogM <sub>R</sub>			10.02442528
COMPROBACIÓN				
	<b>A</b>	<b>Rest.</b>		
	5.23572535	5.23572535		
SN = 1.50				

## B. RANGOS DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO

Los rangos de solicitaciones de tránsito utilizados en este manual, expresados en Ejes Equivalentes de diseño se muestran en la Tabla 3.3:

Tabla 3.3. Rangos de solicitaciones de tránsito.

Solicitaciones de Tránsito por sentido	
Rango	EEq x 1000
T1	0 – 150
T2	150 – 300
T3	300 – 500
T4	500 – 700
T5	700 – 1000

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

El primer rango corresponde a las urbanizaciones para un período de diseño de 10, 15 y 20 años o caminos de muy bajo tránsito. El resto de los

rangos corresponden a caminos de bajo volumen con periodos de diseño de 10 y 15 años.

El rango T1 se subdivide en rangos más pequeños con el fin de cubrir solicitudes de tránsito para urbanizaciones con solicitudes de carga tan bajas como 20000 EEq en el carril de diseño.

Tabla 3.4. Rangos de solicitudes de tránsito para urbanizaciones.

<b>Solicitudes de Tránsito por sentido</b>	
<b>Rango</b>	<b>EEq x 1000</b>
U1	0 – 20
U2	20 – 50
U3	50 – 100

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

### **C. DIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DEL PAQUETE ESTRUCTURAL**

- Selección del rango de solicitudes de tránsito: defina la cantidad de vehículos por categoría (o el porcentaje), defina el TPD y el tipo de zona a la cual se destina el diseño y calcule el número de ejes equivalentes de diseño.
- Selección del rango de capacidad de soporte de la subrasante: Evalúe la capacidad de soporte mediante el uso de alguno de los equipos descritos anteriormente.
- Selección según condiciones climáticas: determine mediante el procedimiento descrito en la sección 4.4 para determinar el tipo de estructura en condición saturada.

Las tablas mostradas a continuación son un ejemplo de los catálogos de diseño de estructuras de pavimento de bajo volumen:

Tabla 4.1. Catálogo de estructuras para nivel de tránsito T2.

EEq por sentido	150000 a 300000				
	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5
s1		B9	C3	D2	F2
s2	A9	B10			
s3	A10	B11	C4		F3
s4	A11				

**Tabla 4.2. Espesores de capas para estructuras tipo 1 (OP1).**

OP1	Espesores en cm										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
BG	25	21	20	18	30	23	20	24	21	20	15
SBG	29	25	20	20	30	30	26	18	30	25	27
OP1	Espesores en cm										
	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
BG	28	25	18	19	19	25	24	20	25	20	25
SBG	30	25	28	30	25	29	25	27	27	30	30

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

**Tabla 4.3. Espesores de capas para estructuras tipo 2 (OP2).**

OP2	Espesores en cm															
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
HMA	5	5	5	5	8	8	8	8	7	7	7	10	10	10	9	9
BG	20	15	15	13	20	20	15	11	22	18	18	23	19	17	20	18
SBG	20	25	18	16	27	18	20	15	25	23	16	25	20	15	28	22
OP2	Espesores en cm															
	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	B31	
HMA	9	12	12	12	11	11	11	13	13	13	12	12	12	14	15	
BG	19	20	18	15	20	15	12	25	20	17	20	18	17	30	15	
SBG	15	28	20	15	26	24	20	25	20	15	27	22	15	25	20	

*Fuente: Elaborado por la Sub Gerencias de Estudios.*

## 1.7. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA COMPARACIÓN ECONÓMICA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS.

Uno de los criterios para la selección de la alternativa estructural más adecuada en un caso específico es el costo global de dicha alternativa. El costo de un pavimento no sólo involucra su costo inicial de construcción, sino también los costos anuales de la conservación rutinaria durante el periodo de análisis económico, el costo de las rehabilitaciones y el valor residual al término de dicho periodo de análisis.

### A. CÁLCULO DEL COSTO GLOBAL ACTUALIZADO DE UNA ALTERNATIVA ESTRUCTURAL

La expresión para el cálculo del costo global de una alternativa dada es la siguiente :

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 - V.R.$$



Dónde:

$C_G$  : Costo global actualizado de la alternativa.

$C_1$  : Costo actualizado al año cero (o año de análisis) de la construcción del pavimento. Incluye el costo directo, los costos indirectos y la utilidad del constructor.

$C_2$  : Sumatoria de los costos anuales de la conservación rutinaria durante el periodo de análisis, actualizados al año cero.

$C_3$  : Sumatoria de los costos de las rehabilitaciones en los años previstos para su ejecución, debidamente actualizados al año cero.

V.R. : Valor residual de la estructura, actualizado al año cero.

La expresión detallada es:

$$C_G = C_1 + \left[ \frac{C_2^I}{(1+a)^1} + \frac{C_2^I}{(1+a)^2} + \dots + \frac{C_2^I}{(1+a)^n} \right] + \left[ \frac{R_i}{(1+a)^i} \right] \frac{VR}{(1+a)^n}$$

Dónde :

$C_G$ : Costo global actualizado de la alternativa.

$C_1$ : Costo inicial de construcción (del año cero).

$C_2^I$ : Costo anual de la conservación rutinaria expresado en \$/año.

a: Tasa de actualización del dinero.

n: Número de años del periodo del análisis.

$R_i$ : Costo de la rehabilitación prevista para el año i.

VR.: Valor residual de la estructura al término del año n, es decir al final del periodo de análisis económico.

## B. DATOS DE CAMPO DEL ESTUDIO DE SUELOS

Se ha verificado los Estudios Básicos de Laboratorio de Mecánica de suelos, realizado en la Obra "Mejoramiento de la Carretera del Valle de Yacus, Tramo I (Jauja – Huertas – Molinos – Julcan – Masma – Ataura), Tramo II (Molinos – Barrio Centro), Tramo III (Masma, Huamali – Masma Chicche), realizado en la toma de muestras de las diferentes calicatas.

### **C. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Las muestras fueron sometidas a los siguientes ensayos:

Análisis granulométrico por tamizado	(MTC E107).
Límite líquido	(MTC E 110).
Límite plástico e índice de plasticidad	(MTC E 111).
Clasificación SUCS	(ASTM D-2487).
Clasificación para vías de transportes	(AASHTO) (ASTM D-3282).
Contenido de humedad	(MTC E 108).
Proctor modificado	(MTC E 115).
California Bearing Ratio (CBR)	(MTC E 132).

Se realizó la recopilación de datos de los ensayos de laboratorio, de las diferentes muestras obtenidas de las calicatas, para la Obra “Mejoramiento de la Carretera del Valle de Yacus, Tramo I (Jauja – Huertas –Molinos – Julcan – Masma – Ataura), Tramo II (Molinos – Barrio Centro), Tramo III (Masma, Huamali – Masma Chicche), se efectúa la clasificación de suelos de los materiales; para ello se ha empleado los sistemas SUCS y AASHTO, con la finalidad de análisis y correlación de acuerdo a sus características litológicas.

### **D. ENSAYO DE CBR**

El presente estudio del ensayo de CBR, está basado en las Normas ASTM D 1883 Y AASHTO T 193, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este modo operativo está sujeto a revisión y actualización continua. Este modo operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

El ensayo de CBR es uno de los más importantes para el diseño en carreteras, así como el número de ellos que se deben realizar, tanto en el campo como en el laboratorio. A continuación se mencionará una de las fases del diseño para carreteras en las que interviene este ensayo. El

ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

<b>Proctor Estándar ASTM D 698</b>			
	A	B	C
Peso martillo (lb)	5.5	5.5	5.5
Diám. molde (pulg)	4	4	6
No. de capas	3	3	3
No. golpes/capa	25	25	56

<b>Proctor Modificado ASTM D 1557</b>			
	A	B	C
Peso martillo (lb)	10	10	10
Diám. molde (pulg)	4	4	6
No. de capas	5	5	5
No. golpes/capa	25	25	56

<b>CBR - ASTM D 4429-93</b>			
Diám. del molde (pulg.)	6		
Martillo (lb.)	10		
No. de capas	5		
No. golpes / capa	10	25	56

El método de CBR comprende los tres ensayos siguientes:

- Determinación de la densidad y humedad.
- Determinación de las propiedades expansivas del material.
- Determinación de la resistencia a la penetración.

Si los CBR para 0.1" y 0.2" son semejantes, se recomienda usar en los cálculos, el CBR correspondiente a 0.2".

Si el CBR correspondiente a 0.2" es muy superior al CBR correspondiente al 0.1", deberá repetirse el ensayo.

Se ha recopilado los datos del resultado de los ensayos de CBR, en los diferentes tramos, el cual se tomaron en cuenta las muestras de las diferentes calicatas, siendo estos los resultados:

<b>CBR</b>							
<b>Tramo I.</b>							
Progresiva	CALICATA	OPTIMO CONTENDO DE HUMEDAD	95% MAXIMA DENSIDAD SECA	MAXIMA DENSIDAD 0.1"		MAXIMA DENSIDAD 0.2"	
				CBR al 100%	CBR al 95%	CBR al 100%	CBR al 95%
0+000	C-1	7.8	1.824	13.73	8.75	18.08	13.21
0+500	C-2	15.4	1.568	8.34	6.17	11.08	8.61
1+000	C-3	15.1	1.587	9.08	5.75	11.40	8.11
2+000	C-5	7.8	1.948	24.17	15.16	30.78	21.36

3+000	C-7	6.9	1.91	23.07	15.38	27.33	19.52
3+500	C-8	6.1	2.005	27.79	18.23	32.72	23.28
4+000	C-9	6.9	2.119	44.13	25.89	51.72	33.21
5+500	C-12	9.4	1.853	13.58	8.21	17.32	12.71
6+500	C-14	6.2	2.081	39.73	24.82	45.39	30.67
7+500	C-16	13.5	1.596	7.14	5.25	9.41	7.71
8+500	C-18	8.4	1.957	20.55	11.31	24.42	15.41
9+500	C-20	7.3	1.881	13.18	8.86	16.03	11.78
10+000	C-21	6.8	2.081	42.35	22.51	47.02	27.52
11+000	C-23	6.4	1.872	15.93	10.82	19.63	14.78
12+500	C-26	6.1	2.1	50.07	30.31	57.93	37.48
13+500	C-28	12.51	1.644	9.67	6.53	12.44	9.55
14+500	C-30	7.3	1.919	18.85	12.68	23.23	17.52
15+500	C-32	6.9	1.995	26.69	17.55	32.46	23.24

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

**Tramo II.**

Progresiva	CALICATA	OPTIMO CONTENDO DE HUMEDAD	95% MAXIMA DENSIDAD SECA	MAXIMA DENSIDAD 0.1"		MAXIMA DENSIDAD 0.2"	
				CBR al 100%	CBR al 95%	CBR al 100%	CBR al 95%
0+000	C-1	6.8	2.119	51	29.36	60.89	38.73
1+000	C-3	6.5	1.843	12.66	8.84	16.03	12.58
2+000	C-5	7.4	2.052	38.92	25.14	45.37	31.03
3+000	C-7	6.9	1.957	23.14	15.42	27.53	19.71

**Tramo III.**

Progresiva	CALICATA	OPTIMO CONTENDO DE HUMEDAD	95% MAXIMA DENSIDAD SECA	MAXIMA DENSIDAD 0.1"		MAXIMA DENSIDAD 0.2"	
				CBR al 100%	CBR al 95%	CBR al 100%	CBR al 95%
0+500	C-1	7	2.081	45.2	26.75	60.89	38.73
1+000	C-2	11.5	1.615	8.52	5.91	11.61	8.51
2+000	C-4	7.5	1.976	23.99	14.23	29.48	19.43
3+000	C-6	6.8	2.071	48.82	27.51	56.40	36.31
3+500	C-7	7.4	1.948	24.27	16.38	29.04	22.41
4+500	C-9	7.9	1.967	25.55	16.78	30.67	22.31
5+500	C-11	8.4	1.881	14.13	9.46	18.16	13.78

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

## **E. CLASIFICACION DE SUELOS**

Se han encontrado los diferentes tipos de suelos, según los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas de las diferentes calicatas de la Obra "Mejoramiento de la Carretera del Valle de Yacus, Tramo I (Jauja – Huertas – Molinos – Julcan – Masma – Ataura), Tramo II (Molinos – Barrio Centro), Tramo III (Masma, Huamali – Masma Chicche), en lo que corresponde a los suelos expansivos ubicados en la zona de la Obra, se

ha tomado los siguientes parámetros, como referencia establecidos por Holtz y Gibbs (Bureau of Reclamation de EEUU), el cual está basado en los límites de consistencia del suelo:

Si bien la mayoría de los suelos encontrados son limo-arcillosos, los límites de consistencia indican que los suelos con Mediana Potencial de Expansión corresponden a 7,0%, y los que presentan un Alto Potencial de Expansión representan sólo el 2,0%, como se observa la ubicación de los sectores con alto potencial de expansión, coinciden con los sectores susceptibles a deformación ( $I_L$ ).

POTENCIAL DE EXPANSION						
Tramo I.						
Procedencia		Límite Líquido %	Índice Plasticidad %	Contenido de Humedad w	Índice de Liquidez $I_L$	Potencial de Expansión
Progresiva	Prof. (m)					
0+000	0.45-1.50	28.95	3.43	7.80	-5.17	Bajo
0+500	0.40-1.50	50.58	25.14	15.40	-0.40	Alto
1+000	0.55-1.50	50.15	19.21	15.10	-0.82	Medio
2+000	0.10-1.50	26.84	5.79	7.80	-2.29	Bajo
3+000	1.20-1.50	26.95	5.84	6.90	-2.43	Bajo
3+500	0.20-1.50	33.51	3.36	6.10	-7.16	Bajo
4+000	0.60-1.50	22.79	3.85	6.90	-3.13	Bajo
5+500	0.30-1.50	40.26	16.38	9.40	-0.88	Medio
6+500	1.00-1.50	22.34	3.76	6.20	-3.29	Bajo
7+500	1.00-1.50	52.35	25.14	13.50	-0.55	Alto
8+500	0.16-1.50	25.31	12.21	8.40	-0.38	Bajo
9+500	0.85-1.50	29.78	3.41	7.30	-5.59	Bajo
10+000	0.60-1.50	19.65	2.78	6.80	-3.62	Bajo
11+000	1.00-1.50	28.59	3.85	6.40	-4.76	Bajo
12+500	0.15-1.50	22.18	3.79	6.10	-3.24	Bajo
13+500	0.10-1.50	50.12	18.27	12.51	-1.06	Medio
14+500	0.05-0.50	32.51	12.41	7.30	-1.03	Bajo
15+500	0.05-0.80	26.31	6.25	6.90	-2.11	Bajo

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

Tramo II.						
Procedencia		Límite Líquido %	Índice Plasticidad %	Contenido de Humedad w	Índice de Liquidez $I_L$	Potencial de Expansión
Progresiva	Prof. (m)					
0+000	0.60-1.50	21.85	3.38	6.80	-3.45	Bajo
1+000	0.90-1.50	33.25	3.88	6.50	-5.89	Bajo
2+000	0.05-1.50	33.17	12.59	7.40	-1.05	Medio
3+000	0.70-1.50	26.17	5.94	6.90	-2.24	Bajo

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

**Tramo III.**

Procedencia		Límite Líquido %	Índice Plasticidad %	Contenido de Humedad w	Índice de Liquidez I <sub>L</sub>	Potencial de Expansión
Progresiva	Prof. (m)					
0+500	0.60-1.50	22.06	3.58	7.00	-3.21	Bajo
1+000	0.40-1.50	50.39	18.42	11.50	-1.11	Medio
2+000	0.60-1.50	24.35	6.78	7.50	-1.49	Bajo
3+000	1.20-1.50	22.31	3.46	6.80	-3.48	Bajo
3+500	0.00-1.50	32.19	13.51	7.40	-0.83	Medio
4+500	1.00-1.50	27.14	6.55	7.90	-1.94	Bajo
5+500	0.30-1.50	41.38	16.22	8.40	-1.03	Medio

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

- Suelos de mala calidad, normalmente los suelos de grano fino o arenas finas arcillosas o limosas (alta plasticidad) cuya capacidad de soporte CBR es mala, y su expansibilidad alta).
- Suelos de mediana a mala calidad, donde la humedad es permanente o estacional, disminuyendo su soportabilidad y haciéndola además inestable.
- Presencia de materia orgánica y turbas, cuya soportabilidad es mínima y compresibles.

En la zona de la Obra: “Mejoramiento de la Carretera del Valle de Yacus, Tramo I (Jauja – Huertas – Molinos – Julcan – Masma – Ataura), Tramo II (Molinos – Barrio Centro), Tramo III (Masma, Huamali – Masma Chicche) se tiene variedad de suelos, detallaremos los suelos encontrados en los diferentes tramos de la Carretera del Valle de Yacus.

**a) Suelos de Mala Calidad.-** Hay sectores donde los suelos presentan características físico mecánicas desfavorables, y que corresponden aproximadamente al 27%; el cual incluye además de los finos a las arenas finas arcillosas. Desde el punto de vista de la clasificación de suelos AASHTO, estos corresponden a los suelos finos A-4 y A-7; y a las arenas A-2-6.

Se tiene áreas puntuales donde se presentan estos problemas, como son:

**TRAMO I : Jauja – Huertas – Molinos – Julcan – Masma – Ataura**

Procedencia		Límite Líquido %	Límite Plástico	Índice Plasticidad %	CLASIFICACION	
Progresiva	Calicata				SUCS	AASHTO
0+000	C1	28.95	25.52	3.43	ML	A-4(4)
0+500	C2	50.58	25.44	25.14	CH	A-7-6(15)
1+000	C3	50.15	30.94	19.21	MH	A-7-6(13)
1+500	C4	32.55	29.29	3.26	ML	A-4(6)
2+000	C5	26.84	21.05	5.79	SM-SC	A-2-4(0)
2+500	C6	27.41	21.29	6.12	SM-SC	A-2-4(0)
3+000	C7	26.95	21.11	5.84	SM-SC	A-2-4(0)
3+500	C8	23.51	20.15	3.36	SM-SC	A-2-4(0)
4+000	C9	22.79	18.94	3.85	GM	A-2-4(0)
4+500	C10	21.85	18.39	3.46	GM	A-2-4(0)
5+000	C11	27.48	20.97	6.51	GM-GTC	A-2-4(0)
5+500	C12	40.26	23.88	16.38	CL	A-7-6(8)
6+000	C13	24.19	20.68	3.51	SM	A-2-4(0)
6+500	C14	22.34	18.58	3.76	GM	A-2-4(0)
7+000	C15	28.16	24.57	3.59	ML	A-4(5)
7+500	C16	52.35	27.21	25.14	CH	A-7-6(14)
8+000	C17	26.28	14.07	12.21	SC	A-2-6(0)
8+500	C18	25.31	13.1	12.21	SC	A-2-6(0)
9+000	C19	50.36	31.95	18.41	MH	A-7-5(11)
9+500	C20	29.78	26.37	3.41	ML	A-4(5)
10+000	C21	19.65	16.87	2.78	GP	A-1-a(0)
10+500	C22	29.91	26.45	3.46	ML	A-4(5)
11+000	C23	28.59	24.74	3.85	ML	A-4(4)
11+500	C24	22.41	18.65	3.76	GM	A-2-4(0)
12+000	C25	33.24	29.26	3.98	ML	A-4(6)
12+500	C26	22.18	18.39	3.79	GM	A-2-4(0)
13+000	C27	50.91	24.57	26.34	CH	A-7-6(16)
13+500	C28	50.12	31.85	18.27	MH	A-7-5(11)
14+000	C29	24.14	20.91	3.23	GM	A-2-4(0)
14+500	C30	32.51	20.1	12.41	SC	A-2-6(0)
15+000	C31	28.15	21.84	6.31	ML-CL	A-4(6)
15+500	C32	26.31	20.06	6.25	SM-SC	A-2-4(0)
15+913	C33	50.85	32.61	18.24	MH	A-7-5(13)

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

**Tramo I: km 0+000 - km 15+913**, Según los ensayos realizados en este tramo, a superficie de rodadura es un afirmado de espesor variable entre 0.05 m y 0.45 m de espesor. Se trata de una arena limo-arcillosa que clasifica en el sistema SUCS como SM-SC, mientras que en el AASHTO como A-2-4(0); la plasticidad de este material en función a su

Índice de Plasticidad está entre baja y media (I.P. entre 3.36% y 12,21%).

El suelo debajo del afirmado está compuesto por limos inorgánicos (A-4) y arcillas (A-7), pero con presencia de materia orgánica; el Índice Plástico es variable entre 3.43% y 26,34%, es decir son suelos con mediana y alta plasticidad. En muchas de las calicatas la humedad natural de los suelos ha superado al Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el ensayo Proctor Modificado, lo cual indica que se encuentra con menor densificación a la Máxima Densidad Seca (MDS). Los CBRs obtenidos en estos suelos se encuentran entre 5.25% y 8.86% al 95% de su Máxima Densidad Seca.

Asimismo, se tiene presencia de suelos gravosos mal graduados (A-1-a) y gravosos limosos (A-2-4) con CBR mayor a 22.51%, a partir de 0.15 m de profundidad.

**TRAMO II: Molinos – Barrio Centro**

Procedencia		Límite Líquido %	Limite Plástico	Índice Plasticidad %	CLASIFICACION	
Progresiva	Calicata				SUCS	AASHTO
0+000	C1	21.65	18.27	3.38	GM	A-2-4(0)
0+500	C2	24.17	17.38	6.79	SM-SC	A-2-4(0)
1+000	C3	33.25	29.37	3.88	ML	A-4(4)
1+500	C4	32.28	19.23	13.05	GC	A-2-6(0)
2+000	C5	33.17	20.58	12.59	GC	A-2-6(0)
2+500	C6	26.94	20.79	6.15	SM-SC	A-2-4(0)
3+000	C7	26.17	20.23	5.94	SM-SC	A-2-4(0)
3+500	C8	21.85	18.72	3.13	GM	A-2-4(0)

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

**Tramo II: km 0+000 - km 3+500**, la superficie de rodadura está compuesta en su mayoría por arenas limo arcillosas, arenas arcillosas, gravas limosas y gravas arcillosas. La clasificación SUCS de estos materiales es SM-SC, SC; GC y GM, mientras que en el sistema AASHTO clasifica como, A-2-4(0); su plasticidad es variable entre 3,38% y 13.05%, es decir, de plasticidad baja hasta alta en los diferentes tramos encontramos suelos del mismo tipo a los descritos, arenas arcillosas SC y limo arcillosas SM-SC; clasificando en el sistema



AASHTO como A-2-4(0), también encontramos materias orgánicas, especialmente en el sector km 3+000.

En la progresiva km 1+000, se encontró limos inorgánicos, clasificado en SUCS como ML y en sistema AASHTO como A-4(4), el CBR de estos suelos califica como regular, encontrándose 6.5%, calificado por su comportamiento como regular.

TRAMO III : Masma, Huamáli – Masma, Chicche						
Procedencia		Límite Líquido %	Limite Plástico	Índice Plasticidad %	CLASIFICACION	
Progresiva	Calicata				SUCS	AASHTO
0+500	C1	22.06	18.48	3.58	GM	A-1-b(0)
1+000	C2	50.39	31.97	18.42	MH	A-7-5(13)
1+500	C3	21.48	18.12	3.36	GM	A-2-4(0)
2+000	C4	24.35	17.57	6.78	SM-SC	A-2-4(0)
2+500	C5	26.19	19.74	6.45	SM-SC	A-2-4(0)
3+000	C6	22.31	18.85	3.46	GM	A-2-4(0)
3+500	C7	32.19	18.68	13.51	SC	A-2-6(0)
4+000	C8	21.85	18.51	3.34	GM	A-1-b(0)
4+500	C9	27.14	20.59	6.55	SM-SC	A-2-4(0)
5+000	C10	33.58	29.83	3.75	ML	A-4(4)
5+500	C11	41.38	25.16	16.22	CL	A-7-6(7)

**Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.**

**Tramo III: km 0+000 - km 5+500**, la superficie presenta exposición de grava y arcillas en mayor cantidad en determinados sectores, arenas arcillosas SC y arenas limo arcillosas SM-SC, según SUCS; mientras que según AASHTO corresponden a A-1-b (0), A-2-4(0), A-2-7(1) y A-4(1); encontrándose la plasticidad de este material comprendido entre 6,45 y 13,51%. El espesor de este afirmado se encuentra comprendido entre 0,6 m y 1,5 m.

En este tramo encontramos como componentes a arcillas, limos (CL, ML y MH), según SUCS; mientras que según AASHTO es A-7-5 y A-4(4); siendo la plasticidad (IP) variable entre 3,75% y 18,42%. En este sector estos materiales tienen presencia de materia orgánica. El CBR de estos materiales, se encuentran comprendidos entre 5,91% y 9,46% (al 95% de MDS). Nuevamente la presencia de la humedad es importante en la subrasante, en este sector.

## VALORES REFERENCIALES DE CBR, USOS Y SUELOS.

No. CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Sub rasante	OH,CH,MH,OL	A5, A6,A7
3 - 7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 - 20	Regular	Sub base	OL,CL,ML,SC,S M,SP	A2,A4,A6,A7
20 - 50	Bueno	Sub base y base	GM,GC,SW,SM, SP,GP	A-1b,A2-5, A-3, A2-6
≥ 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a,A2-4,A-3

*Fuente: Elaboración propia en base a autores varios.*

### b) Suelos Susceptibles a Deformación y Expansión

Las arcillas plásticas, por sus características innatas, se expanden considerablemente cuando se le agrega agua y luego se contraen con la pérdida de ésta. Por lo tanto, además de las consideraciones en estructuras de sub drenaje y drenaje superficial, se analizará la susceptibilidad del suelo ante la acción del agua.

## 1.8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Por medio de la evaluación económica se analiza la viabilidad del proyecto, por un periodo de tiempo definido como la vida útil de la estructura del pavimento.

### A. VAN: VALOR ACTUAL NETO.

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. En este método se toma en cuenta los flujos netos de efectivo (FNE) con una proyección a determinado tiempo aplicando un interés o rendimiento del dinero "i", luego de que se tiene el monto a ganar dentro de ese tiempo, se utiliza una tasa de descuento, para traer el valor futuro del dinero al tiempo presente. La tasa de descuento que se utiliza para este cálculo es el costo de capital o TMAR. Al tener el valor presente del dinero, se le descuenta la inversión inicial. Solo si el resultado es mayor o igual a cero, se podría justificar la inversión.

## B. TIR: TASA INTERNA DE RETORNO O RENDIMIENTO

Es la tasa de descuento por la cual el VAN es igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Con este método, lo que se hace es, después de utilizar el VAN y saber su valor positivo, lo que se ocupa es saber el valor real de ese dinero, así que por medio de tanteos se trata de igualar la suma de los flujos descontados, con la inversión inicial "P". Esto hará conocer el rendimiento real de la inversión. En este método si TIR es mayor que el TMAR aplicado, se acepta la inversión.

## C. FLUJO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE Y RAZÓN BENEFICIO/COSTO

Consiste en encontrar el valor presente de los beneficios del proyecto, el valor presente de los costos del proyecto y obtener una razón entre ambos.

Resultados de CBR ordenados de menor a mayor	Número de resultados mayores o iguales	Porcentaje de resultados mayores o iguales
2.0	8	$(8/8)*100=100$
2.0		
5.0	6	$(6/8)*100=67$
5.0		
7.0	4	50
7.0		
8.0	2	25
9.0	1	13

*Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos.*

## 5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS: HIPÓTESIS GENERAL.

01. La aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

### Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.821 \leq \mu \leq 2.399$$

**Cálculo de  $Z_0$  :**  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando :**  $\mu = 1.8$

### Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:

$$H_0 : \mu = 1.8$$

$$H_1 : \mu > 1.8$$

$H_0$  = Nunca, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

$H_1$  = Siempre, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

### Regla de Decisión:

Se rechaza  $H_0$  si:

$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

### Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad t = 2.06$$

### Cálculo de $t_c$ :

$$t_{1-\alpha}^{(gl)} \quad t_c = 1.71$$

### Decisión:

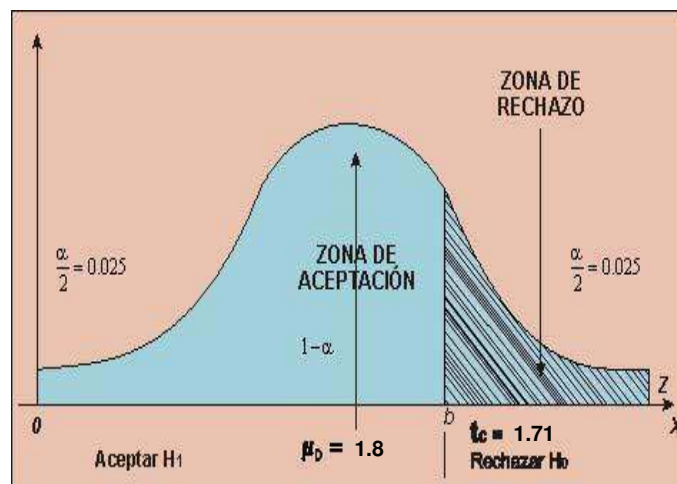
$$t > -t_{1-\alpha}^{(gl)}$$

$$2.06 > 1.71$$

### Interpretación:

Se acepta la  $H_1$ : “Siempre, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente EN UN 77% en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c=1.71$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

**Cuadro N° 01. Curva de Simetría de Gauss.**



**PRUEBA DE HIPÓTESIS: HIPÓTESIS ESPECÍFICA “A”.**

02. La aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÓTESIS.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.954 \leq \mu \leq 2.426$$

**Cálculo de  $Z_0$**  :  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando** :  $\mu = 1.9$

**Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:**

$H_0 : \mu = 1.9$   
 $H_1 : \mu \neq 1.9$

$H_0$  = Nunca, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.  
 $H_1$  = Siempre, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**Regla de Decisión:**

Se rechaza  $H_0$  si:

$$t > -t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$$

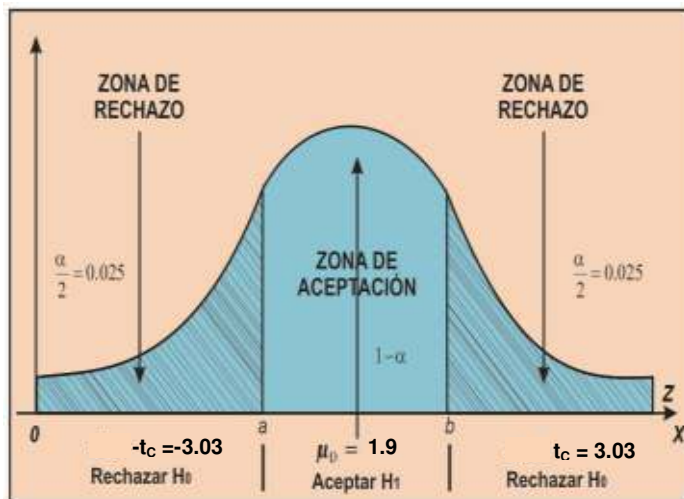
**Cálculo de “t”:**

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad t = 2.4$$

**Cálculo de  $t_c$ :**

$t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$        $t_c = \pm 3.03$

**Cuadro N° 02. Curva de Simetría de Gauss.**



**Decisión:**

$$t > -t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$$

$$2.4 > -3.03$$

**Interpretación:**

Se acepta la  $H_1$ : “Siempre, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite en un 42% elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c = \pm 3.03$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha e izquierda de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

**PRUEBA DE HIPÓTESIS: HIPÒTESIS ESPECÌFICA “B”.**

03. Un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÒTESIS.**

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$2.0 \leq \mu \leq 3.3$$

**Cálculo de  $Z_0$  :**  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando :**  $\mu = 2.0$

**Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:**

$$H_0 : \mu = 2.0$$

$$H_1 : \mu > 2.0$$

$H_0$  = Nunca, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

$H_1$  = Siempre, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**Regla de Decisión:**

Se rechaza  $H_0$  si:

$$t > -t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$$

**Cálculo de “t”:**

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad t = 3.5$$

**Cálculo de  $t_c$ :**

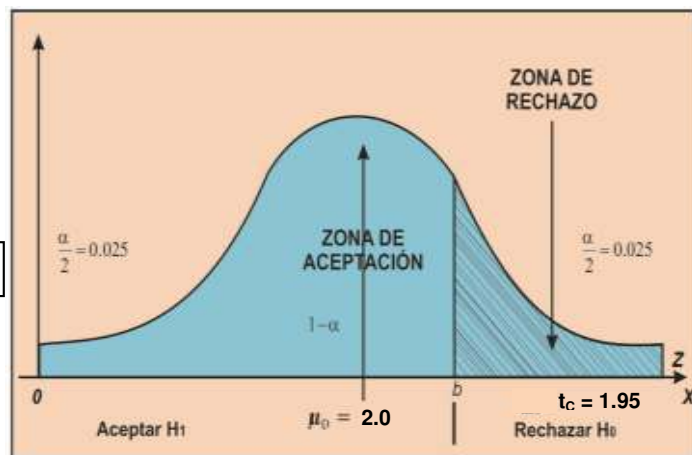
$$t_{1-\alpha} \text{ (gl)} \quad t_c = 1.95$$

**Decisión:**

$$t > -t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$$

$$3.5 > 1.95$$

**Cuadro N° 03. Curva de Simetría de Gauss.**



**Interpretación:**

Se acepta la  $H_1$ : “Siempre, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario en un 37% debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c = 1.95$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

## PRUEBA DE HIPÓTESIS: HIPÓTESIS ESPECÍFICA “C”.

04. Las características físico – mecánicas son heterogéneas en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

### Cálculo del Estimado Puntual o Centrado: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

$$P(\bar{X} - E_0 \leq \mu \leq \bar{X} + E_0) = 1 - \alpha; \quad E_0 = \frac{Z_0 \cdot \delta}{\sqrt{n}}$$

$$1.954 \leq \mu \leq 2.426$$

**Cálculo de  $Z_0$**  :  $Z_0 = 1.96$

**Reemplazando** :  $\mu = 1.9$

### Prueba de Hipótesis concerniente a la Media Poblacional:

$$H_0 : \mu = 1.9$$

$$H_1 : \mu \neq 1.9$$

$H_0$  = Nunca, las características físico – mecánicas son heterogéneas en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.  
 $H_1$  = Siempre, las características físico – mecánicas son heterogéneas en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

### Regla de Decisión:

Se rechaza  $H_0$  si:

$$t > -t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$$

### Cálculo de “t”:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

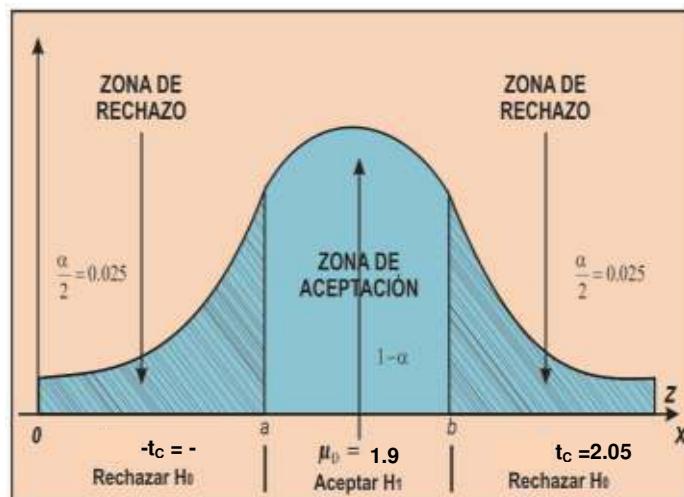
$$t = 2.5$$

### Cálculo de $t_c$ :

$$t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$$

$$t_c = \pm 2.05$$

**Cuadro N° 04. Curva de Simetría de Gauss.**



### Decisión:

$$t > -t_{1-\alpha} \text{ (gl)}$$

$$2.5 > 2.05$$

### Interpretación:

Se acepta la  $H_1$ : “Siempre, las características físico – mecánicas son heterogéneas en un 21% en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c = \pm 3.03$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha e izquierda de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

### 5.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los resultados de la investigación la hemos sistematizado en una sección, con sus respectivos ítems, siendo los siguientes:

#### 5.3.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LA ENCUESTA – INGENIEROS - TÉCNICOS. PRUEBA DE HIPÓTESIS.

- **Para el ÍTEM 14:** (¿El proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua?)

CUADRO DE ESTADÍSTICOS N° 27/CUADRO PORCENTUAL N° 28 /GRÁFICO N° 14. En la TABLA DE FRECUENCIA, observamos que la media ( $\bar{X} = 1.00$ ) es el estadígrafo que se localiza en el centro de la distribución como: SIEMPRE (100%) que el proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua. La mediana ( $Me = 1.0$ ), por sus valores está totalmente sesgada a la derecha, por los datos extremos, no existe ninguna respuesta. La moda ( $Mo = 1.0$ ), es unimodal en la escala nominal, tiene la mayor concentración de frecuencias, se observa en: SIEMPRE, con un 100%, que el proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua.

En las MEDIDAS DE DISPERSIÓN, el grado de dispersión de la varianza muestral es menor ( $S^2 = 0.00$ ) con relación a la media ( $\bar{X} = 1.00$ ) y su rendimiento con respecto a que el proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de



agua, es HETEROGÉNEO; la desviación estándar es igual de dispersa ( $S=0.00$ ) con relación a la varianza ( $S^2=0.00$ ) y pequeña con la media ( $\bar{X}=1.00$ ), en la magnitud que el proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua. El coeficiente de variación, es menor del 50% ( $C.V.=9.00\%$ ), consecuentemente se da una alta representatividad de la media aritmética ( $\bar{X}=1.00$ ).

En la PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL, se acepta la Hipótesis Alternativa  $H_1$ : “Siempre, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente EN UN 77% en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c=1.71$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

- **Para el ÍTEM 16:** (¿En el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?).

CUADRO DE ESTADÍSTICOS Nº 31/ CUADRO PORCENTUAL Nº 32/GRÁFICO Nº 16. En la TABLA DE FRECUENCIAS, podemos observar que la media ( $\bar{X}=1.3611$ ) es el estadígrafo que se localiza en el centro de gravedad como: SIEMPRE (63.9%) en relación a que en el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176. La mediana ( $Me=1.00$ ), no supera a más

de la mitad de las “n” observaciones, por lo que tiene un sesgo acentuado a la derecha. La moda ( $M_o = 1.00$ ), en la escala nominal, es la de mayor concentración de frecuencias, es decir el valor que más se repite: SIEMPRE (63.9%), en el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176.

En las MEDIDAS DE DISPERSIÓN, tienen un grado de dispersión, donde la varianza muestral es menor ( $S^2 = 0.237$ ) con relación a la media ( $\bar{X} = 1.3611$ ) y su rendimiento con respecto a que en el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176, es HETEROGÉNEO; la desviación estándar es mayor ( $S = 0.48714$ ) con relación a la varianza ( $S^2 = 0.237$ ) y menor con la media ( $\bar{X} = 1.3611$ ), en la magnitud de que en el empleo de "material pétreo" el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176. El coeficiente de variación, es menor del 50% (C.V. = 35.79%), consecuentemente existe una alta representatividad de la media aritmética ( $\bar{X} = 1.3611$ ).

En la PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA “A”, se acepta la Hipótesis Alternativa,  $H_1$ : “Siempre, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite en un 42% elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c = \pm 3.03$ , se encuadra en la zona de

rechazo derecha e izquierda de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

- **Para el ÍTEM 13:** (¿Los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento?).

CUADRO DE ESTADÍSTICOS N° 25/ CUADRO PORCENTUAL N° 26. /GRÁFICO N° 13. En la TABLA DE FRECUENCIAS, se observa que el valor central de la progresión aritmética ( $\bar{X} = 1.6389$ ), es el estadígrafo que se localiza en la parte central de las frecuencias acumuladas como: SIEMPRE (52.8%), en relación a que los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento. La mediana ( $Me = 1.00$ ), como valor que no es superado, ni supera a más de la mitad de las "n" observaciones, presenta un acentuado sesgo hacia la derecha por sus valores. La moda ( $Mo = 1.00$ ), como el valor de la variable que se presenta con mayor frecuencia, es decir el valor que más se repite, en la escala nominal es el mayor, como actividad: SIEMPRE (52.8%), en relación a que los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento.

En cuanto a las MEDIDAS DE DISPERSIÓN, el grado de dispersión de la varianza muestral es menor ( $S^2 = 0.752$ ) con relación a la media ( $\bar{X} = 1.6389$ ) y su rendimiento con respecto a que: los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades

óptimas que garanticen un excelente comportamiento, es HETEROGÉNEO; presentan una desviación estándar que es mayor ( $S=0.86694$ ) con relación a la varianza ( $S^2=0.752$ ) y menor con la media ( $\bar{X}=1.6389$ ), en la magnitud de que los ensayos para el "diseño de mezclas" tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento. El coeficiente de variación es mayor del 50% (C.V.= 52.90%), por tal motivo se da una alta representatividad de la media aritmética ( $\bar{X}=1.6389$ ).

En la PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA "B", se acepta la Hipótesis Alternativa  $H_1$ : "Siempre, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario en un 37% debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín" y se rechaza la  $H_0$ ; debido a que el valor de  $t_c = 1.95$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

- **Para el ÍTEM 02:** (¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?)

CUADRO DE ESTADÍSTICOS N° 03 /CUADRO PORCENTUAL N° 04. /GRÁFICO N° 02. En la TABLA DE FRECUENCIAS, se puede observar que el valor central de la progresión aritmética ( $\bar{X}=2.0833$ ), es el estadígrafo que se localiza en el centro de las distribuciones estadísticas como: CASI SIEMPRE (69.4%), en relación a que los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de

deformación. La mediana ( $Me = 2.00$ ), como aquel valor que no es superado, ni supera a más de la mitad de las “n” observaciones, está sesgado a la derecha. La moda ( $Mo = 2.00$ ) es el valor de la variable que se presenta con mayor frecuencia, en la escala nominal, presenta la mayor concentración con la actividad: CASI SIEMPRE (69.4%), los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación.

Para las MEDIDAS DE DISPERSIÓN, el grado de dispersión en relación a la varianza muestral es menor ( $S^2 = 0.764$ ) con relación a la media ( $\bar{X} = 2.0833$ ) y su rendimiento con respecto a que los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación, es HETEROGÉNEO; la desviación estándar es mayor de dispersa ( $S = 0.87423$ ) con relación a la varianza ( $S^2 = 0.764$ ) y pequeña con la media ( $\bar{X} = 2.0833$ ), en la magnitud de que los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación. El coeficiente de variación, es menor del 50% (C.V.= 41.96%), consecuentemente existe una alta representatividad de la media aritmética ( $\bar{X} = 2.0833$ ).

En la PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA “C”, se acepta la Hipótesis Alternativa  $H_1$ : “Siempre, las características físico – mecánicas son heterogéneas en un 21% en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín” y se rechaza la  $H_0$ ; debido a

que el valor de  $t_c = \pm 3.03$ , se encuadra en la zona de rechazo derecha e izquierda de la Curva Simétrica de Gauss (Coeficiente de Pearson).

- **Para el ÍTEM 10:** (¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua?).

CUADRO DE ESTADÍSTICOS N° 19/CUADRO PORCENTUAL N° 20. /GRÁFICO N° 10. En la TABLA DE FRECUENCIAS, observamos que la media ( $\bar{X} = 1.3333$ ) es el estadígrafo que se localiza en el centro de la distribución como: SI (88.9%) la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua. La mediana ( $Me = 1.0$ ), por sus valores está totalmente sesgada a la derecha, por los datos extremos, no existe ninguna respuesta. La moda ( $Mo = 1.0$ ), es unimodal en la escala nominal, tiene la mayor concentración de frecuencias, se observa en: SI, la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua.

En las MEDIDAS DE DISPERSIÓN, el grado de dispersión de la varianza muestral es menor ( $S^2 = 0.914$ ) con relación a la media ( $\bar{X} = 1.3333$ ) y su rendimiento con respecto a que la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua, es HETEROGÉNEO; la desviación estándar es mayor de dispersa ( $S = 0.95618$ ) con relación a la varianza ( $S^2 = 0.914$ ) y pequeña con la media ( $\bar{X}$

=1.3333), en la magnitud de que la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria cierta porosidad para la eliminación de agua. El coeficiente de variación, es mayor del 50% (C.V.= 71.72%), consecuentemente se da una alta representatividad de la media aritmética ( $\bar{X} = 1.3333$ ).

▪ **Para el ÍTEM 11:** (¿Las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada?).

CUADRO DE ESTADÍSTICOS N° 21/CUADRO PORCENTUAL N° 22 /GRÁFICO N° 11. En la TABLA DE FRECUENCIA, observamos que la media ( $\bar{X} = 1.500$ ) es el estadígrafo que se localiza en el centro de la distribución como: SIEMPRE (66.7%) las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada. La mediana ( $Me = 1.0$ ), por sus valores está totalmente sesgada a la derecha, por los datos extremos, no existe ninguna respuesta. La moda ( $Mo = 1.0$ ), es unimodal en la escala nominal, tiene la mayor concentración de frecuencias, se observa en: SIEMPRE, con un 66.7%, que las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada.

En las MEDIDAS DE DISPERSIÓN, el grado de dispersión de la varianza muestral es menor ( $S^2 = 0.943$ ) con relación a la media ( $\bar{X} = 1.500$ ) y su rendimiento con respecto a que las características resistentes

de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada, es HETEROGÉNEO; la desviación estándar es mayor de dispersa ( $S=0.97101$ ) con relación a la varianza ( $S^2=0.943$ ) y pequeña con la media ( $\bar{X}=1.500$ ), en la magnitud que las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada. El coeficiente de variación, es mayor del 50% (C.V.= 64.73%), consecuentemente se da una alta representatividad de la media aritmética ( $\bar{X}=1.500$ ).



## CONCLUSIONES

01. La aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en un 77% se rechaza la  $H_0$ .
02. Se llegó a establecer que la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite en un 42% elevar el nivel de serviciabilidad y se rechaza la  $H_0$ . (A).
03. Se llegó a determinar que un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario en un 37% se rechaza la  $H_0$ . (B)
04. se llegó a conocer que las características físico – mecánicas son heterogéneas en un 21% se rechaza la  $H_0$ . (C).
05. La encuesta a los Ingenieros, Técnicos, el cual arrojó los siguientes estimados: Alfa de Cronbach: .750; para la Prueba de Estimación Curvilínea, indican que el procedimiento y la metodología empleada para el análisis estadístico fue la adecuada, porque dichos valores están en el rango cercano a 1.
06. Los suelos granulares, ofrecen resistencia al corte mucho más altas en comparación de los suelos finos, por lo que los suelos granulares son los más utilizados como base y sub base en una carretera. Los suelos finos, poseen mayor expansión, en relación a los suelos granulares.

## RECOMENDACIONES

1. Cuando se selecciona el tipo de mezcla para un proyecto, debe considerarse el peso y volumen de tráfico, la disponibilidad de los agregados, la localización y tamaño del proyecto, para diseñarse luego, la clase de mezcla que económicamente satisfaga más todos los requerimientos involucrados.
2. En el caso de obras de asfaltado pequeñas, ya sea de algunas cuantas calles o parchado de estas, es mucho mas rentable hacerlo usando mezcla asfáltica con emulsiones tibias ya que esta puede ser preparada manualmente en trompos mezcladores de concreto hidráulico. La misma facilidad permite en zonas lluviosas.
3. Toda mezcla asfáltica en caliente necesita de un aditivo incorporador de adherencia 160.
4. Las mezclas con emulsión requieren de mucho cuidado con la humedad que debe tener el agregado antes del mezclado con la emulsión. Demasiada agua puede producir un recubrimiento deficiente del agregado y en su defecto la falta de humedad en el agregado hará que este absorba el agua de la emulsión y producir un rompimiento prematuro de la emulsión.
5. Uno de los aspectos que puede influir en la expansión del suelo es la compactación de este, ya que un suelo que no se encuentre bien compactado presentara un alto índice de porosidad y por lo tanto tendrá a absorber más agua.
6. Los materiales a emplearse para el reemplazo de los materiales de la subrasante, debe tener un CBR mínimo de 30% (al 100% de su MDS), debiendo los tamaños de los agregados no superar las tres pulgadas.

## BIBLIOGRAFIA

01. Alvarado Romero, Jonathan Josué. (2012). "Propuesta de Aplicación de Lechadas Asfálticas Modificadas (Microsurfacing) como técnica de mantenimiento periódico en vías de alto tráfico." Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, FIA, UES.
02. Ander, Ezequiel. (2000) "Introducción a la Investigación Pedagógica". Editorial Interamericana, México. Pág. 46.
03. Anleu Hernández, Erick Rolando. (2002). "Producción de mezclas asfálticas en caliente". Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 91 pp.
04. Bañon Blazquez, Luis y Beviá García, José F. (2005). "Manual de Carreteras II". Manual de ensayo de suelos y materiales - Asfalto, Volumen IV. Bolivia.
05. Crespo Villalaz, Carlos. (2004). "Mecánica de Suelos y Cimentaciones", Editorial Limusa, 5ª edición, México 2004.
06. Cea Carranza, David. (2009). "Guía de diseño estructural, construcción y mantenimiento en caminos de baja intensidad de tránsito usando tratamientos superficiales asfálticos." Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, FIA, UES.
07. Guzmán Rodríguez, Hugo Alexander. (2011). "Reciclado en frío de pavimentos flexibles estabilizados con emulsión". Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997. 120 pp.
08. González Escobar, Wilfredo. (2007). "Guía básica para el uso de emulsiones asfálticas en la estabilización de bases en caminos de baja intensidad en El Salvador".
09. López López, Juan Carlos. (2013). "Manual del curso de pavimentos". Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 96 pp.
10. Manual básico de emulsiones Asfálticas. (2010). "Manual series N0. 19. Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente". Serie de Manuales No. 22

11. Manual de Graba Emulsión. (2012). "Apuntes técnicos de la empresa Asfalca (Asfaltos de Centroamerica, S.A.). Manual de estabilización con emulsión asfáltica".
12. Normas MTC (2010). "Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Perú".
13. OSEDA G., Dulio (2008). "Metodología de la Investigación". Ed. Pirámide. Huancayo - Perú. pág. 34.
14. Pineda Martínez, José Tulio. (2007). "Propuesta de manual para la asignatura laboratorio de pavimentos en la escuela de ingeniería civil, Universidad de El Salvador". Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, FIA, UES.
15. Ramírez Menjivar, Juan Tobías. (2009). "Diagnóstico sobre la tecnología utilizada en el diseño y construcción de vías terrestres".
16. Cea Carranza, David. (2009) "Guía de diseño estructural, construcción y mantenimiento en caminos de baja intensidad de tránsito usando tratamientos superficiales asfálticos", Tesis Ingeniería, Universidad de El Salvador.

# **ANEXOS:**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS**

**TÍTULO: “TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS PROVINCIA DE JAUJA – REGIÓN JUNÍN”**

I. PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES Y DIMENSIONES	V. METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿De qué manera influye la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>A. ¿Cuál es la metodología y diseño para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín?</p> <p>B. ¿Qué procedimientos de normas aplicables son factibles para la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín?</p> <p>C. ¿Cuáles son las características físico – mecánicas existentes en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>A. Establecer la metodología y diseño adecuado para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial en la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín</p> <p>B. Proporcionar un procedimiento de normas aplicables a la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p>C. Conocer las características físico – mecánicas existentes en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b></p> <p>H<sub>0</sub>: Nunca, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p>H<sub>1</sub>: Siempre, la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b></p> <p>H<sub>0</sub>: Nunca, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p>H<sub>1</sub>: Siempre, la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p>H<sub>0</sub>: Nunca, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p>H<sub>1</sub>: Siempre, un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario debido a su importancia en el diseño de vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p>H<sub>0</sub>: Nunca, las características físico – mecánicas son heterogéneas en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p>H<sub>1</sub>: Siempre, las características físico – mecánicas son heterogéneas en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (x):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emulsión Asfáltica</li> </ul> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (y):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento Superficial Bicapa.</li> </ul> <p><b>DIMENSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emulsión Asfáltica: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Producción</li> <li>▪ Almacenamiento</li> <li>▪ Rompimiento</li> <li>▪ Fraguado</li> <li>▪ Reactividad de agregados</li> <li>▪ Reactividad de la emulsión</li> <li>▪ Viscosidad</li> <li>▪ Ruptura y curado</li> </ul> </li> <li>- Tratamiento Superficial Bicapa: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riegos sin gravilla</li> <li>▪ Riegos con gravilla</li> <li>▪ Lechadas bituminosas</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACION:</b> Aplicada: Observacional - Comparativa</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Descriptiva – Explicativa.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Experimental – Demostrativo</p> <div data-bbox="1832 735 2040 863" style="text-align: center;"> <pre> graph TD     OG[O.G.] &lt;--&gt; PE 1 -- CF1  CF1[ ]     OG &lt;--&gt; PE 2 -- CF2  CF2[ ]     CF1 --&gt; HG[H.G.]     CF2 --&gt; HG[H.G.]             </pre> </div> <p><b>POBLACIÓN:</b> 60</p> <p><b>MUESTRA:</b> 36</p> <p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b> Inductivo – Deductivo Analítico – Sintético</p> <p><b>MÉTODO DE ESPECÍFICO:</b> Enfoque: Cualitativo - Cuantitativo</p>

**VARIABLE DEPENDIENTE (y): TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA. (CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE) Anexo N° 02.**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR QUE ADOPTA LA VARIABLE – ÍTEMS																		
Conceptualmente se define como toda operación cuyo objeto es dotar al firme de determinadas características superficiales, sin pretender con ello un aumento apreciable en sus cualidades resistentes ni en general de su regularidad superficial, podría decirse que conforman una capa de “piel” o recubrimiento del firme.	Operacionalmente se define como “Riego Bicapa DTS” y que consiste básicamente en 7 etapas, siendo: a) Barrido de la superficie, b) Primer riego de ligante, c) Extensión de la primera capa de gravilla, d) Segundo riego de ligante, e) Extensión de la segunda capa de gravilla, f) Compactación neumática y g) Apertura al tráfico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riegos sin gravilla</li> <li>▪ Riegos con gravilla</li> <li>▪ Lechadas bituminosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Operaciones auxiliares o complementarias en el proceso de construcción o conservación del firme, se caracterizan por componerse únicamente de ligantes bituminosos.</li> <li>▪ Tratamientos superficiales por antonomasia, se componen de una mezcla de ligante hidrocarbonado y gravilla, empleándose para restituir las propiedades superficiales del firme e incluso como capa de rodadura en firmes rurales o de escaso tráfico rodado.</li> <li>▪ Compuestos formados por una mezcla de una emulsión bituminosa con áridos finos de granulometría estricta, consiguiendo un mortero de excelentes propiedades superficiales, su empleo está muy extendido, denominándose como <i>slurrys</i>.</li> </ul>	<p>Las categorías diagnósticas consideradas para el instrumento están basadas en las puntuaciones directas del instrumento y tomando como criterio que la máxima puntuación, revela determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p style="text-align: center;"><b>Categorías Diagnósticas:</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Cat. Dx.</th> <th>Rango</th> <th>Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▪ Muy Alta</td> <td>17-20</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>▪ Alta</td> <td>14-17</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>▪ Media</td> <td>11-14</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>▪ Baja</td> <td>8-11</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>▪ Muy baja</td> <td>5-8</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Ítems:</b> a = 5, b = 4, c = 3, d = 2, e = 1. <b>Total = 15 puntos.</b> Escala de Licker</p>	Cat. Dx.	Rango	Puntaje	▪ Muy Alta	17-20	100	▪ Alta	14-17	80	▪ Media	11-14	60	▪ Baja	8-11	40	▪ Muy baja	5-8	20
Cat. Dx.	Rango	Puntaje																				
▪ Muy Alta	17-20	100																				
▪ Alta	14-17	80																				
▪ Media	11-14	60																				
▪ Baja	8-11	40																				
▪ Muy baja	5-8	20																				

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	PROCEDIMIENTOS	NATURALEZA	ESC. DE MEDICIÓN	FORMA DE MEDIR
<p><b>TÉCNICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Encuesta</li> <li>▪ Entrevista</li> <li>▪ Revisión documental</li> </ul> <p><b>INSTRUMENTOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficha de Encuesta</li> <li>▪ Guión de Entrevista</li> <li>▪ Formato de registro de datos</li> </ul>	Las técnicas e instrumentos de la investigación se han estructurado de acuerdo a establecer la metodología y diseño adecuado para la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial en la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja - Región Junín.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variable: Cualitativa – Cuantitativa</li> </ul>	Nominal	Directa: Polítoma

**VARIABLE INDEPENDIENTE (x): EMULSIÓN ASFÁLTICA.**

**(CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE)**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR QUE ADOPTA LA VARIABLE - ÍTEMS																		
Se define conceptualmente como una mezcla de asfalto con emulsificantes que con el agua forman una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas “en frío”, es decir, a temperaturas menores de 100°C. Debido al mecanismo de fraguado, éstas emulsiones comúnmente no logran una estabilidad aceptable con el agregado pétreo del asfalto, por ello son aplicables principalmente en caminos secundarios.	Operacionalmente se define como la suspensión de pequeñas partículas de un producto asfáltico en agua o en una solución acuosa, con un agente emulsificante de carácter aniónico o catiónico, este proceso tiene como desventajas el tiempo de fraguado que éstas requieren, la complicada química y reología que se desarrolla en las emulsiones pues los compuestos químicos presentes en el asfalto como los asfaltenos y maltenos son variables y de diferente naturaleza química.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Producción</li> <li>▪ Almacenamiento</li> <li>▪ Rompimiento</li> <li>▪ Fraguado</li> <li>▪ Reactividad de agregados</li> <li>▪ Reactividad de la emulsión</li> <li>▪ Viscosidad</li> <li>▪ Ruptura curado y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dispersión mecánica a través de un molino coloidal.</li> <li>▪ Periodo de reposo para reducir su actividad dinámica.</li> <li>▪ Inicio de la separación del agua de la matriz.</li> <li>▪ Expulsión total del agua, el asfalto desarrolla sus propiedades.</li> <li>▪ Área y carga superficial (química superficial), química de finos minerales (cemento y cal) y temperatura – humedad – velocidad del viento.</li> <li>▪ Química del emulsificante (concentración), otros aditivos, viscosidad del asfalto y acidez del asfalto.</li> <li>▪ Relación entre la consistencia y la manejabilidad y que permanece dentro de los límites durante toda la vida de la emulsión.</li> <li>▪ Relación entre la Deposición y la Ruptura (proceso de inestabilidad de las emulsiones y que no puede ser más diluida.</li> </ul>	<p>Las categorías diagnósticas consideradas para el instrumento están basadas en las puntuaciones directas del instrumento y tomando como criterio que la máxima puntuación, revela determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.</p> <p><b>Categorías Diagnósticas:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cat. Dx.</th> <th>Rango</th> <th>Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▪ Muy Alta</td> <td>17-20</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>▪ Alta</td> <td>14-17</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>▪ Media</td> <td>11-14</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>▪ Baja</td> <td>8-11</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>▪ Muy baja</td> <td>5-8</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Ítems:</b> a= 5, b = 4, c = 3, d = 2, e = 1 <b>Total = 15 puntos.</b> Escala de Licker</p>	Cat. Dx.	Rango	Puntaje	▪ Muy Alta	17-20	100	▪ Alta	14-17	80	▪ Media	11-14	60	▪ Baja	8-11	40	▪ Muy baja	5-8	20
Cat. Dx.	Rango	Puntaje																				
▪ Muy Alta	17-20	100																				
▪ Alta	14-17	80																				
▪ Media	11-14	60																				
▪ Baja	8-11	40																				
▪ Muy baja	5-8	20																				

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	PROCEDIMIENTOS	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICIÓN	FORMA DE MEDIR
<p><b>TÉCNICAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observación</li> <li>▪ Entrevista</li> <li>▪ Encuesta</li> </ul> <p><b>INSTRUMENTOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficha de Observación</li> <li>▪ Guión de entrevista</li> <li>▪ Ficha de encuesta</li> </ul>	Las técnicas e instrumentos de la investigación se han estructurado de acuerdo a proporcionar un procedimiento de normas aplicables a la elaboración de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa en las vías de afirmado de la carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variable: Cualitativa - Cuantitativa</li> </ul>	Nominal	Directa: Polítoma



**INSTRUMENTOS: ENCUESTA INGENIEROS - TÉCNICOS.**

**INTRODUCCIÓN:**

- La presente encuesta tiene por objetivo determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín.

**DATOS GENERALES:**

**PROFESIÓN / OCUPACIÓN:**..... **ÀREA:** .....

**FECHA:** ..... **OBRA:** .....

<p><b>TABLA DE ESPECIFICACIÓN:</b></p> <p><b>A. VARIABLES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ VARIABLE INDEPENDIENTE (x):</li> <li>- Emulsión Asfáltica</li>   <li>▪ VARIABLE DEPENDIENTE (y):</li> <li>- Tratamiento Superficial Bicapa</li> </ul>	<p><b>B. CATEGORÍAS DIAGNÓSTICAS:</b></p> <p>Las categorías varían de acuerdo al objetivo de ítems propuesto.</p> <p><b>C. ÍTEMS:</b></p> <p>a = 5, b = 4; c = 3; d = 2 y e = 1.</p> <p><b>D. PUNTAJE:</b></p> <p>15 Ptos. Escala de Licker.</p>
---	--

**INSTRUCCIONES:**

- A continuación presentamos 16 preguntas sencillas, las cuales marcará con un aspa (x), la alternativa correcta (sólo una).

1. ¿Los tratamientos superficiales tienen como principal objetivo mantener las condiciones de servicio del pavimento y su buen estado alargando así su vida útil, con o sin agregados a cualquier tipo de camino o superficie de pavimentos flexibles?  
 a) Si                      b) No                      c) A veces                      d) Casi siempre                      e) No opina
  
2. ¿En los tratamientos con lechadas asfálticas la modificación con polímeros permite el uso de agregados más gruesos sin el peligro de segregación y por su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación?  
 a) Siempre                      b) Casi siempre                      c) A veces                      d) Casi nunca                      e) Nunca
  
3. ¿Los “microsurfacing” incorporan polímeros que refuerzan la mezcla final y emulsificantes especiales que proporcionan un curado rápido y permiten tiempos cortos de apertura al tráfico y son utilizados principalmente para rellenar rodaderas?  
 a) Si                      b) No                      c) A veces                      d) Casi siempre                      e) No opina
  
4. ¿El tipo y la compatibilidad de la emulsión son la clave para un desempeño de la mezcla en las lechadas asfálticas como en todo tipo de aplicación en frío, siendo determinada en gran medida por el tiempo de rompimiento y de curado?  
 a) Si                      b) No                      c) A veces                      d) Casi siempre                      e) No opina
  
5. ¿Las “emulsiones para microsurfacing” siempre poseen polímeros y están basadas en sistemas de fraguado rápido, utilizándose con aditivos como un desencadenante para la ruptura, siendo más reactivas con los agregados y presentan mayor compatibilidad?  
 a) Si                      b) No                      c) A veces                      d) Casi siempre                      e) No opina
  
6. ¿Las emulsiones de rotura media “médium – setting” reaccionan rápidamente con el

- agregado y revierten la condición de emulsión a la de asfalto, utilizándose los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 de alta viscosidad para evitar el escurrimiento?
- a) Si            b) No            c) A veces            d) Casi siempre            e) No opina
7. ¿Las emulsiones de rotura lenta “slow – setting” están diseñadas para lograr mezclas estables, con granulometrías cerradas y alto porcentaje de finos, por su baja viscosidad, y empleados frecuentemente para riegos de liga y riego pulverizado?
- a) Si            b) No            c) A veces            d) Casi siempre            e) No opina
8. ¿Para el almacenamiento de las emulsiones asfálticas no se debe permitir que la T° de la superficie de calentamiento exceda los 100C° (212°F) (para evitar la rotura prematura de la emulsión), ni tampoco se congele (produciendo la rotura de la emulsión – separando el asfalto del agua)?
- a) Si            b) No            c) A veces            d) Casi siempre            e) No opina
9. ¿Las muestras de emulsiones asfálticas con requisitos de viscosidad a 50°C deben ser calentadas hasta alcanzar una temperatura de +/- 3°C en un baño de agua a 70°C o en una estufa, debiendo ser removidas para asegurar la homogeneidad?
- a) Si            b) No            c) A veces            d) Casi siempre            e) No opina
10. ¿En la estabilización de bases con emulsión asfáltica la condición de bajo porcentaje de ligante y alto contenido en fino será compatible con las propiedades permeables de la mezcla, siendo necesaria una cierta porosidad de la misma para que sea posible la eliminación del agua de mezclado y compactación ?
- a) Si            b) No            c) A veces            d) Casi siempre            e) No opina
11. ¿Las características resistentes de una estabilización con emulsión asfáltica se fundamenta en la cohesión del metal conseguida por la película ligante dependiendo del equipo de compactación que ha de contar con la potencia adecuada para conseguir una mínima cantidad de fluidos?
- a) Siempre    b) Casi siempre    c) A veces    d) Casi nunca    e) Nunca
12. ¿El comportamiento de la mezcla en la estabilización de bases con emulsión asfáltica para efectos de resistencia a la fatiga y durabilidad está en función de la densidad ya que dependiendo de esta variará el porcentaje de vacíos, consecuentemente altera la permeabilidad y posibilidad de la acción directa del agua sobre el ligante?
- a) Si            b) No            c) A veces            d) No opina
13. ¿Los ensayos para el “diseño de mezclas” tienen como objetivo principal lograr una cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener un material resistente y con propiedades óptimas que garanticen un excelente comportamiento?
- a) Siempre    b) Casi siempre    c) A veces    d) Casi nunca    e) Nunca
14. ¿El proceso de diseño de mezclas consiste en una serie de ensayos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión asfáltica que deben agregarse al suelo para que la mezcla endurezca adecuadamente, teniendo en cuenta la cantidad de agua para agregar y la densidad de compactación?
- a) Siempre    b) Casi siempre    c) A veces    d) Casi nunca    e) Nunca

15. ¿Con el “ensayo Proctor modificado” para la determinación de fluidos de máxima densidad se pretende conseguir una distribución uniforme y homogénea del ligante sobre el componente mineral?
- a) Siempre    b) Casi siempre    c) A veces    d) Casi nunca    e) Nunca
16. ¿En el empleo de “material petreo” el porcentaje de agregado que pasa el tamiz número 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor del 25%, según la norma AASHTO-T89 y el equivalente de arena no debe ser menor del 40% según la norma AASHTO-T176?
- a) Siempre    b) Casi siempre    c) A veces    d) Casi nunca    e) Nunca

GRACIAS

**Anexo N° 04.**

**CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.**

**PLANOS Y OTROS**

.....

.....

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301004 TRATAMIENTO BICAPA						
Subpresupuesto	001 TRATAMIENTO BICAPA					Fecha presupuesto	14/07/2016
Partida	01.01 IMPRIMACION ASFALTICA						
Rendimiento	m2/DIA	4,000.0000	EQ. 4,000.0000	Costo unitario directo por : m2	7.94		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0020	14.66	0.03
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0020	9.49	0.02
0147010004	PEON		hh	6.0000	0.0120	8.52	0.10
							<b>0.15</b>
<b>Materiales</b>							
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"		m3		0.0200	75.30	1.51
0213000024	EMULSION RS2		gal		0.3960	12.50	4.95
							<b>6.46</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		1.0000	0.15	
0349030025	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton		hm	1.0000	0.0020	140.00	0.28
0349030075	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 100HP 7-9 ton		hm	1.0000	0.0020	150.00	0.30
0349050030	ESPARCIDORA DE AGREGADOS		hm	1.0000	0.0020	180.00	0.36
0349310003	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 gl		hm	1.0000	0.0020	194.70	0.39
							<b>1.33</b>

Partida	01.02 IMPRIMACION ASFALTICA 2DA CAPA						
Rendimiento	m2/DIA	4,000.0000	EQ. 4,000.0000	Costo unitario directo por : m2	5.69		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0020	14.66	0.03
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0020	9.49	0.02
0147010004	PEON		hh	8.0000	0.0160	8.52	0.14
							<b>0.19</b>
<b>Materiales</b>							
0205000044	PIEDRA CHANCADA DE 3/8" + Arena Gruesa		m3		0.0120	72.46	0.87
0213000025	EMULSION ASFALTICA		gal		0.2640	12.50	3.30
							<b>4.17</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		1.0000	0.19	
0349030025	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton		hm	1.0000	0.0020	140.00	0.28
0349030075	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 100HP 7-9 ton		hm	1.0000	0.0020	150.00	0.30
0349050030	ESPARCIDORA DE AGREGADOS		hm	1.0000	0.0020	180.00	0.36
0349310003	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 gl		hm	1.0000	0.0020	194.70	0.39
							<b>1.33</b>