

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN



**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA
GRANULOMETRÍA EN EL DESEMPEÑO DE LAS
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: DAVID JAVIER TAFUR MIRANDA

ASESOR: ING. PACO ARTURO CACHAY DÍAZ

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

**COPYRIGHT © 2014 by
DAVID JAVIER TAFUR MIRANDA
Todos los derechos reservados**

DEDICATORIA:

A mi Madre, Esposa e Hijos, por estar siempre a mi lado, por brindarme su amor y su apoyo, por ser el motivo de mi vida y por quienes he dedicado mi esfuerzo y dedicación para culminar mi carrera y mi tesis.

A mis familiares, amigos y compañeros de trabajo, por su ardua espera y tenaz paciencia, sin cuya ayuda moral, fraternal e intelectual, no habría sido posible lograr esta meta.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por haber protegido y brindado salud a mí y a mi familia; por darme sabiduría, fuerza y voluntad para concluir esta parte importante de mi vida.

Al Ing. Paco A. Cachay Díaz, al Lic. Valentín Paredes Oliva y al Arq. Francisco Urteaga Becerra, por formar parte del Programa de Titulación y apoyar con su experiencia y conocimiento en la elaboración de este trabajo de investigación

Al personal del laboratorio de suelos y pavimentos de la empresa CESEL S.A, por brindarme su apoyo incondicional con su experiencia y conocimiento en este trabajo de investigación.

Contenido

Ítem	Págs.
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Contenido	v
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	ix
Resumen	xii
Abstract	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes Teóricos	4
2.1.1 Antecedentes Nacionales	4
2.1.2 Antecedentes Internacionales	5
2.1.3 Estudios y Publicaciones Relacionados con el Presente Trabajo de Investigación	6
2.2 Bases Teóricas	7
2.2.1. Agregados Minerales	7
2.2.2. Ligante Asfáltico	14
2.2.3. Generalidades Sobre Mezclas Asfálticas	16
2.2.4. Método Marshall	22
2.2.5. Metodología Superpave	35
2.2.6. Parámetros Volumétricos	43
2.2.7. Selección del Diseño Final	51
2.3 Definición de Términos Básicos	56
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	59
3.1 Ubicación Geográfica donde se Realizó la Investigación	59
3.1.1 Agregados Minerales	59
3.1.2 Ligante Bituminoso para la mezcla asfáltica en caliente	63
3.1.3 Filler o relleno mineral	65
3.1.4 Aditivo mejorador de adherencia	67

3.2 Procedimiento	69
3.2.1 Diseño de Mezclas Asfáltica en Caliente Utilizando el Método Marshall	69
3.2.2 Combinación de agregados	71
3.2.3 Dosificación de agregados	73
3.2.4 Determinación del óptimo contenido de asfalto	76
3.2.5 Procedimiento para calcular la dosificación de agregado y asfalto	76
3.2.6 Trabajo de laboratorio para la elaboración de las briquetas	78
3.2.7 Pruebas fundamentales a la mezcla asfáltica	81
3.3 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados	85
3.1.1 Tratamiento y análisis de datos	85
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
4.1 Análisis de los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica	89
4.1.1 Observaciones y Tendencias de las Gráficas de Diseño	93
4.1.2 Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto	93
4.1.2 Contrastación de la Hipótesis	95
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1 Conclusiones	97
5.2 Recomendaciones	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS	101
Anexo A: Propiedades Físico-Mecánicas del Agregado Grueso	102
Anexo B: Propiedades Físico-Mecánicas del Agregado Fino	114
Anexo C: Propiedades del Cemento Asfáltico	138
Anexo D: Propiedades de la Cal Hidratada	141
Anexo E: Propiedades del Aditivo Morlife 5000	144
Anexo F: Ensayo Lotman	147
Anexo G: Ensayo Marshall de la Granulometría A (G-A) y Granulometría B (G-B)	173

Índice de Tablas

Tabla	Págs.
Tabla 2.1. Requerimientos para los agregados gruesos	23
Tabla 2.2. Requerimientos para los agregados finos	24
Tabla 2.3. Selección del tipo de cemento asfáltico	25
Tabla 2.4. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración	25
Tabla 2.5. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad	26
Tabla 2.6. Efectividad de los aditivos	27
Tabla 2.7. Requerimientos para Cal Tipo I y Cal Tipo II	27
Tabla 2.8. Requerimientos para Cal Tipo II	27
Tabla 2.9. Rangos de temperatura de aplicación (°C)	28
Tabla 2.10. Gradación para MAC	29
Tabla 2.11. Requisitos de adherencia	29
Tabla 2.12. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	30
Tabla 2.14. Distintos tipos de requerimientos para granulometrías Superpave	41
Tabla 3.1. Datos Generales de la Cantera Cotaquite	61
Tabla 3.2. Características de los agregados gruesos	62
Tabla 3.3. Características de los agregados Finos (Arena Natural Lavada)	62
Tabla 3.4. Características de los agregados Finos (Arena Chancada Lavada)	63
Tabla 3.5. Reporte de análisis del Cemento Asfáltico	64
Tabla 3.6. Características mecánicas de la cal hidratada	65
Tabla 3.7. Características químicas de la cal hidratada	65
Tabla 3.8. Combinación de Agregados	72
Tabla 3.9. Husos Granulométricos de la Investigación	73
Tabla 3.10. Dosificación para una briqueta de 5.5 % de asfalto	77
Tabla 3.11. Dosificaciones para Briquetas con un Peso Aproximado de 1200.0 g con diferentes porcentajes de asfalto	77
Tabla 3.12. Resultados de Densidades en la MAC	86
Tabla 3.13. Resultados de Vacíos de Aire en la MAC	86
Tabla 3.14. Resultados de Vacíos en el Agregado Mineral en la MAC	87
Tabla 3.15. Resultados de Vacíos Llenos de Asfalto en la MAC	87

Tabla 3.16. Resultados de Estabilidad y Flujo en la MAC	88
Tabla 4.1. Resultados del ensayo Marshall en la MAC, con la granulometría A (G-A)	94
Tabla 4.2. Resultados del ensayo Marshall en la MAC, con la granulometría B (G-B)	95

Índice de Figuras

Figura	Págs.
Figura 2.1. Importancia de rugosidad del agregado	7
Figura 2.2. Comportamiento del agregado bajo carga de corte	7
Figura 2.3. Análisis de Tamices	9
Figura 2.4. Ensayo de equivalente de arena	10
Figura 2.5. Máquina de Los Ángeles	11
Figura 2.6. Calibrador de partículas planas y alargadas	11
Figura 2.7. Aparato para medir la angularidad del agregado fino	13
Figura 2.8. Comportamiento visco elástico del asfalto	14
Figura 2.9. Mecanismo típico de deformación permanente en la trayectoria de la rueda externa	19
Figura 2.10. Representación de granulometrías según la FHWA	37
Figura 2.11. Ilustración de cómo se grafican las abscisas	38
Figura 2.12. Graduación de máxima densidad para tamaño máximo de 19 mm	39
Figura 2.13. Límites para las granulometrías Superpave	40
Figura 2.14. Ilustración de los parámetros de diseño volumétrico	44
Figura 2.15. Componente del diagrama de compactación de una HMA	45
Figura 2.16. Relación entre VMA y límite de especificación	52
Figura 2.17. Efecto de los esfuerzos de compactación Marshall en VMA y Va	54
Figura 3.1. Ubicación de la Cantera Cotaquite	60
Figura 3.2. Estabilidad Retenida VS % de Cal Hidratada	66
Figura 3.3. TSR vs % de Cal Hidratada - Sin Aditivo con Cal	67
Figura 3.4. TSR vs % de Aditivo Morlife 5000- Sin Cal	68
Figura 3.5. TSR vs % de Aditivo y Cal Hidratada 1%	69
Figura 3.6. Granulometría G-A: a) Gráfica MAC-2 (EG-2013), b) Gráfica de Fuller (Superpave)	74
Figura 3.7. Granulometría G-B: a) Gráfica MAC-2 (EG-2013), b) Gráfica de Fuller (Superpave)	75
Figura 3.8. Ensayo –Penetración del asfalto	78
Figura 3.9. Verificación de la temperatura de compactación	78

Figura	Págs.
Figura 3.10. Elaboración de la mezcla asfáltica en caliente	79
Figura 3.11. Cuarteo de la mezcla asfáltica en caliente	79
Figura 3.12. Colocación de la mezcla asfáltica en el molde de compactación	80
Figura 3.13. Compactación de la mezcla asfáltica	80
Figura 3.14. Curado de briquetas	80
Figura 3.15. Peso seco de briqueta	81
Figura 3.16. Peso sumergido de briqueta	82
Figura 3.17. Equipo de vacío, vibrado, picnómetro y manómetro ensamblado	82
Figura 3.18. Pesado en aire de Picnómetro + Agua + Mezcla	83
Figura 3.19: a) Colocación en máquina de ensayo de ensamble briqueta + quijada. b) Ajuste medidor de flujo a cero.	84
Figura 3.20. Aplicación de cargar durante el ensayo de estabilidad y flujo.	85
Figura N° 4.1: Gráficos G-A: a) Peso Unitario - % Asfalto, b) Vacíos - % Asfalto, c) %VMA - % Asfalto, d) %VFA - % Asfalto, e) Flujo - % Asfalto, f) Estabilidad - % Asfalto	90
Figura N° 4.2: Gráficos G-B: a) Peso Unitario - % Asfalto, b) Vacíos - % Asfalto, c) %VMA - % Asfalto, d) %VFA - % Asfalto, e) Flujo - % Asfalto, f) Estabilidad - % Asfalto	91

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM	: American Society for testing Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
ASSHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte)
EG-2013	: Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras
EM-2013	: Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras
MAC	: Mezcla Asfáltica en Caliente
NCHRP	: National Cooperative Highway Research Program (Programa Nacional Cooperativo para la Investigación de Carreteras)
SHRP	: Strategic Highway Research Program (Programa Estratégico de Investigación de Carreteras)
SUPERPAVE	: Superior Performing Asphalt Pavement (Pavimentos Asfálticos de Rendimiento Superior)

RESUMEN

El huso granulométrico MAC-2 contemplado en las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013, tienen una gran amplitud en sus límites porcentuales para la gradación de los áridos utilizados en el diseño de las mezclas asfálticas en caliente, los cuales producen comportamientos dinámicos diversos. El objetivo principal de la investigación es evaluar la influencia que tiene la granulometría en el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente, con este fin, se ha realizado el diseño de mezclas asfálticas en caliente por el método tradicional Marshall, utilizando la granulometría MAC-2 de la especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 y los criterios de la granulometría utilizada por la metodología Superpave, la cual considera una zona restringida y puntos de control. De este modo Se llevó a cabo la medición de las probetas cilíndricas de mezclas asfálticas en caliente que difieren solamente en el huso granulométrico del árido en estudio. Entre los resultados se verifico que las mezclas asfálticas en caliente elaboradas con granulometría MAC-2 de las EG-2013, la cual atraviesa la zona restrictiva de la metodología Superpave tienen un mejor desempeño que las mezclas asfálticas en caliente elaboradas con granulometría MAC-2 que se encuentra fuera de la zona restrictiva de la metodología Superpave. Finalmente, se concluye que utilizando husos granulométricos que atraviesan la zona restrictiva de la metodología Superpave, tenemos buenos resultados en el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente.

Palabras Claves: Pavimento asfáltico, Mescla asfáltica en caliente, Huso granulométrico, Metodología Superpave, Diseño, Método Marshall, Áridos, Zona restrictiva.

ABSTRACT

The granulometric spindle MAC-2 referred to in the general technical specifications for construction EG-2013, have great latitude in their percentage limits for the grading of the aggregates used in the design of hot mix asphalt, which produce various dynamic behaviors. The main objective of the research is to evaluate the influence of particle size on the performance of hot mix asphalt, to this end, it has designed for hot mix asphalt by traditional Marshall method, using the grading MAC-2 the general technical specifications for construction EG-2013 and the grading criteria used by the Superpave methodology, which considers a restricted area checkpoints. Thus was performed the measurement of cylindrical specimens of hot mix asphalt which differ only in the size of the aggregate in study spindle. Among the results was verified that the hot mix asphalt made with MAC-2 particle size of the EG-2013, which crosses the narrow zone of the Superpave methodology have better performance than hot mix asphalt made from grain MAC-2 is outside the restricted area of the Superpave methodology. Finally, it is concluded that using granulometric zones that cross the narrow area of the Superpave methodology, have good results in the performance of hot mix asphalt.

Keywords: Asphalt paving, Asphalt hot Mescla, Sieve Time, Superpave Methodology, Design, Marshall method Arid Zone restrictive.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el Perú las mezclas asfálticas más utilizadas en los pavimentos flexibles son las mezclas asfálticas en caliente, las cuales se conforman de agregados pétreos y cemento asfáltico, que son debidamente calentados a una temperatura adecuada para poder mezclarse y luego colocarse, además permiten la apertura inmediata del paso vehicular, lo cual para países en desarrollo como el Perú es conveniente utilizarlos; por ello es importante profundizar los conocimientos acerca del comportamiento de los pavimentos flexibles y en particular de las mezclas asfálticas en caliente, a través de estudios teóricos y experimentales.

Sabiendo que la granulometría utilizada en las mezclas asfálticas en caliente, hacen que se incrementen o disminuyan sus propiedades mecánicas y dinámicas, es fundamental escoger una estructura granulométrica adecuada para el diseño.

El trabajo se fundamenta en que el huso granulométrico MAC-2, contemplado en las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013, tienen una gran amplitud de los límites porcentuales para la gradación de los áridos utilizados en el diseño de pavimentos flexibles y en consecuencia producen comportamientos dinámicos diversos, generando, en ocasiones, un débil desempeño mecánico del pavimento colocado en pista. Además, se ha determinado que el huso granulométrico MAC-2, presenta diferencias con respecto a la curva granulométrica de la metodología Superpave, toda vez que esta metodología considera puntos de control y una zona restrictiva la cual es atravesada en algunos puntos por el huso granulométrico MAC-2; además, la metodología Superpave es considerada hoy en día para la adecuada gradación de áridos en el diseño de mezclas asfálticas en caliente y está considerada en la especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013.

Entonces, considerando la amplitud del huso granulométrico MAC-2 y la zona restrictiva y los puntos de control de metodología Superpave nace la pregunta ¿Cómo influye en el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente, la utilización de las restricciones de la Metodología Superpave en el huso granulométrico MAC-2 de las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013?

Como hipótesis de la investigación tenemos, que al considerar las restricciones de la Metodología Superpave en el huso granulométrico MAC-2 de las especificaciones técnicas

generales para la construcción EG-2013, podemos obtener, mediante el método tradicional de diseño Marshall, un mejor desempeño de las mezclas asfálticas en caliente.

Este trabajo se justifica por los resultados mostrados en investigaciones realizados en otros países como México, Colombia y Chile, en cuyas investigaciones se ha podido determinar que no necesariamente restringir el paso de los husos granulométricos por la zona restrictiva de la metodología Superpave, garantiza obtener mezclas asfálticas en caliente con mejores desempeños de las mezclas colocadas en pista; además, esta investigación servirá de base para que estudiantes, profesionales y empresas, dedicadas al diseño y producción de mezclas asfálticas en caliente, puedan conocer los resultados de la utilización, en el diseño de las mezclas asfálticas en caliente, de husos granulométricos los cuales consideren las restricciones de la metodología Superpave.

Para el trabajo de investigación se han considerado los siguientes alcances: los agregados minerales, el cemento asfáltico, la cal hidratada y el aditivo utilizado para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente son los mismos materiales que se han utilizando para la preparación de la mezcla asfáltica en caliente del Tramo VII: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000; el parámetro variable de la investigación es la granulometría de los áridos; se ensayaron dos usos granulométricos, considerando los criterios de la metodología Superpave y la granulometría MAC-2 de las técnicas generales para la construcción EG-2013; La granulometría que se utilizó en el trabajo de investigación, ha tenido un tamaño máximo nominal del agregado de más empleo en el país $\frac{3}{4}$ " y se utilizó los criterios del Primer Nivel de Análisis de la metodologías Superpave, enfocado en la selección cuidadosa de los materiales y el proporcionamiento volumétrico de los mismos.

El objetivo principal del trabajo de investigación es Evaluar la influencia de la granulometría en el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente, cuyos objetivos específicos son: Comparar la granulometría utilizada por las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 y las curvas granulométricas elaboradas con los criterios de la metodología Superpave; además, Proponer nuevos husos granulométricos que podrían considerarse en las especificaciones peruanas (EG-2013) basadas en la metodología Superpave y en los resultados obtenidos de la investigación.

Los capítulos que se abordan en el presente documento, son los siguientes:

En el Capítulo I, se describe el planteamiento, formulación y justificación del problema de investigación; los alcances y limitaciones de la investigación y los objetivos para el desarrollo de la investigación.

En el Capítulo II, se describe a manera del estado del arte las investigaciones nacionales e internacionales y sus resultados y conclusiones más importantes a las que se ha llegado, además de estudios y publicaciones relacionadas con el presente tema de investigación; también se exponen los fundamentos teóricos que sirven de base para el desarrollo del trabajo investigación y descripción de términos importantes que han sido usados en el documento de investigación.

En el Capítulo III, se describe el procedimiento realizado para la obtención de las propiedades de los materiales, así como para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente mediante por el método Marshall, además se indica el tratamiento utilizado en cada variables y la presentación de los resultados obtenidos en el laboratorio.

En el Capítulo IV, se presenta el análisis y discusión de los resultados de los diseños realizados en el laboratorio para el presente trabajo de investigación.

En el Capítulo V, se dan las conclusiones concernientes a todos los capítulos y las recomendaciones de aspectos importantes.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Teóricos

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Hoy en día en el Perú, para que el crecimiento económico y para que el proceso de descentralización siga avanzando, es necesario que se sigan construyendo vías de comunicación terrestre, además de la rehabilitación y el mantenimiento de las vías nacionales, departamentales y rurales ya construidas.

Las vías pavimentadas en el Perú son en su mayoría del tipo flexible a base de mezcla asfáltica en caliente y el principal método que se utiliza para su diseño es el método Marshall. (MTC, DGCF 2013)

Una de las virtudes del método Marshall es la importancia que se asigna a las propiedades densidad/vacíos del material asfáltico. Este análisis garantiza que las importantes proporciones volumétricas de los componentes de la mezcla estén dentro de rangos adecuados para asegurar una mezcla durable. Desafortunadamente una de sus grandes desventajas es el método de compactación de laboratorio por impacto el cual no simula la densificación de la mezcla que ocurre bajo tránsito de un pavimento real.

Hoy, el pavimento flexible a base de mezcla asfáltica en caliente es la alternativa más usada en la infraestructura vial del Perú, razón por la cual es importante conocer y estar al tanto de nuevos avances que permitan incrementar la vida útil y la calidad de este, ya que el país es muy vulnerable a desastres naturales. Los principales factores de daño de las vías son: las lluvias, las elevadas y las cargas de tránsito, factores que dañan la estructura del pavimento y reducen la vida útil de la misma, generando mayores gastos en su mantenimiento y reparación.

Para mejorar la calidad de la mezcla asfáltica y mantener su vida útil de diseño, mucho tiempo después de la creación del método Marshall, surgió un nuevo método de diseño de mezclas asfálticas en caliente, el cual es conocido a nivel mundial como Superpave. (Crespín et al. 2012)

En las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, Sección 423 Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente, 423.02 Gradación, se presenta la gradación para mezcla Superpave y se presentan las tablas 423-04 y 423-05 donde se especifican las características que deben cumplir las mezclas de agregados para tamaño nominal máximo

del agregado de 19 y 25 mm respectivamente, así mismo se detalla que las curvas granulométricas del agregado a utilizarse deben quedar dentro de los puntos de control y principalmente fuera de la zona restrictiva. (MTC, DGCF 2013)

Hasta la fecha en el Perú no se han diseñado mezclas asfálticas en caliente mediante la metodología Superpave, por no contar con los equipos de laboratorio adecuados para desarrollar los ensayos, como para la realización del ensayo de compactación, el cual se realiza con el Compactador Giratorio o SGC, equipo aún no disponible en el Perú.

Hoy en día, en el Perú, lo que se puede realizar es diseñar mezclas asfálticas en caliente por el método tradicional Marshall y considerar los puntos de control y zona restrictiva de la metodología Superpave; este tipo de diseño no se ha realizado en ningún laboratorio del Perú, es por ello que en el presente tema de investigación se pretende investigar y ver el comportamiento a nivel de laboratorio.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Strategic Highway Research Program (1987) establecido por el Congreso de los Estados Unidos, con un presupuesto de 150 millones de dólares (con fondos provenientes de Estados Unidos, Canadá, México y algunos países de Europa), comenzó el programas de investigación a fin de mejorar el desempeño y duración de las carreteras para volverlas más seguras tanto para automovilistas como para los trabajadores de las mismas. Un tercio de este presupuesto se empleó en el desarrollo de especificaciones de desempeños basados en asfalto, directamente relacionados con análisis de laboratorio y con desempeños en el campo.

El producto final del programa de investigación sobre asfaltos de la SHRP es un nuevo sistema conocido como Superpave. El Software del Superpave representa una tecnología provista de tal manera que pueda especificar cemento asfáltico y agregado mineral, desarrollar diseños de mezclas asfálticas; analizar y establecer predicciones del desempeño del pavimento. Incluye una especificación para cementos asfálticos, un diseño y sistema de análisis de mezclas asfálticas en caliente y un software para computadora que integra los componentes del sistema. Las especificaciones del cemento y el sistema de diseño del Superpave incluyen varios equipos y métodos de pruebas, junto con criterios para los mismos.

Este método evalúa los componentes de la mezcla asfáltica en forma individual (agregado mineral y asfalto), y su interacción cuando están mezclados. Superpave representa el sistema más avanzado de especificación de los materiales, diseño de mezclas y su análisis,

así como la predicción del desempeño de los pavimentos, incluyendo equipos de ensayo, métodos de ensayos y equipos.

El método Superpave está compuesto por tres niveles. Debido a que el análisis y el diseño de una mezcla en el sistema Superpave son complejos, la extensión del uso de esta metodología (según los investigadores del SHRP) depende del nivel de tránsito y de la función de la mezcla en el pavimento. Enfocado en producir una mezcla que se comporte adecuadamente, el primer paso del análisis Superpave involucra la selección cuidadosa de los materiales y el proporcionamiento volumétrico de los mismos.

Los niveles superiores de análisis requieren la utilización de sofisticados ensayos, gran parte de los cuales aún se encuentran siendo perfeccionados. Estos niveles apuntan a determinar con precisión el comportamiento futuro de la estructura del pavimento ante variables como el clima y el tráfico. (Crespín et al. 2012)

En países como EE.UU, México, Brasil, Colombia y Chile procuran en el mejor de los casos cumplir con los términos del llamado hasta ahora Primer Nivel de la metodología Superpave, ya que para el desarrollo de los dos niveles superiores requieren de inversiones para adquisición de equipos de laboratorio y además que aún los dos niveles superiores se siguen investigando.

2.1.3 Estudios y Publicaciones Relacionados con el Presente Trabajo de Investigación

Existen investigaciones realizadas en países como EE.UU, México, Brasil, Colombia y Chile relacionados al trabajo de investigación; en estos países se han desarrollado diseños de mezclas asfálticas en caliente por la metodología tradicional Marshall y por la nueva metodología Superpave (primer nivel de análisis); de las investigaciones hechas han concluido que: las mezclas que cumplieron con los requerimientos de Superpave, incluidos las graduaciones que violaron la zona de restricción, presentaron comportamientos similares o mejor que mezclas con graduaciones que pasan fuera de la zona de restricción; además, las referencias de la zona de restricción, ya sea como un requerimiento o una guía, debería suprimirse de las especificaciones para el diseño volumétrico de la mezclas asfálticas en caliente, sin tomar en cuenta el tamaño máximo del agregado o nivel de tráfico. Algunas agencias solo han usado la zona de restricción para diferenciar graduaciones finas de gruesas.

Las investigaciones realizadas en países como EE.UU, México, Brasil, Colombia y Chile ha sido desarrollado gracias a que cuentan con los equipos de laboratorio necesario para realizar los ensayos que especifica el primer nivel de análisis de la metodología Superpave.

En países como El Salvador, quienes no cuentan con los equipos de laboratorio para el diseño de mezclas asfálticas en caliente mediante el primer nivel de análisis de la metodología Superpave, han realizado el diseño de mezclas asfálticas en caliente mediante la metodología tradicional Marshall y utilizado la granulometría que especifica el primer nivel de análisis de la metodología Superpave, obteniéndose mezclas asfálticas con desempeños variables. (SCT, IMT 2006)

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Agregados Minerales.

Los áridos (agregados minerales) se emplean, combinados con asfaltos de diversos tipos, para preparar mezclas de utilización muy diversas. Como los áridos constituyen normalmente el 90 % en peso o más de estas mezclas sus propiedades tienen gran influencia sobre las del producto terminado. Los áridos más utilizados son piedra y escoria partida, grava machacada o natural, arena y filler mineral. (Velásquez 1973)

2.2.1.1 Comportamiento del Agregado Mineral.

Los agregados de textura rugosa, equidimensionales, proporcionan más resistencia interna que los redondeados y de textura lisa, además las partículas angulares tienden a cerrarse más apretadamente, resultando una fuerte masa de material (Figura 2.1).

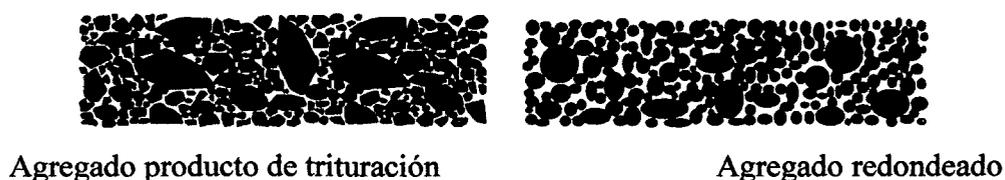


Figura 2.1. Importancia de rugosidad del agregado

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 228

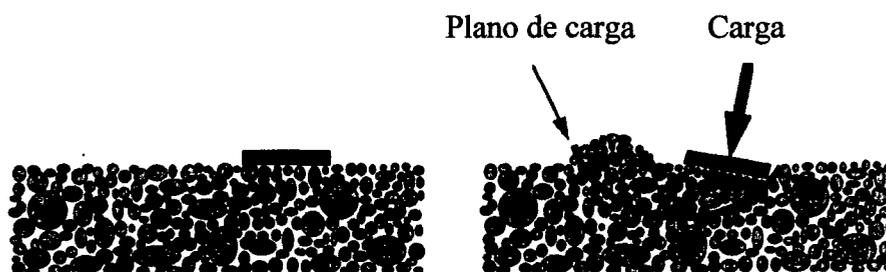


Figura 2.2. Comportamiento del agregado bajo carga de corte

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 228

Cuando una masa de agregados es cargada puede generarse dentro de la masa, un plano por el que las partículas sean deslizadas o cizalladas unas respecto a las otras, lo cual resulta en una deformación permanente de la masa (Figura 2.2).

A fin de asegurar una mezcla de materiales resistentes para MAC, se han especificado las propiedades del agregado que mejoran la fricción interna, una componente de la resistencia al corte. Para ello, normalmente se recurre a los porcentajes de caras fracturadas en el material grueso que integra la mezcla de agregados. Como las arenas naturales tienden a ser redondeadas, con una baja fricción interna, su aporte a las mezclas es con frecuencia limitado. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

2.2.1.2 Propiedades de los Agregados Minerales.

En un pavimento de mezcla asfáltica en caliente, el agregado conforma el 90 a 95 por ciento, en peso, de la MAC. Esto hace que la calidad del agregado usado sea un factor crítico en el comportamiento del pavimento. Sin embargo, además de la calidad, se aplican otros criterios que forman parte de la selección de un agregado en una obra de pavimentación. Estos criterios incluyen el costo y la disponibilidad del agregado. Aún más, un agregado que cumple con los requisitos de costo y disponibilidad deberá poseer también ciertas propiedades para poder ser considerado apropiado para pavimento asfáltico de buena calidad (Crespín et al. 2012). Estas propiedades son:

a) Análisis Granulométrico.

Todas las especificaciones de pavimento asfáltico de mezcla en caliente requieren que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas esté presente en ciertas proporciones. Esta distribución de varios tamaños de partículas dentro del agregado es comúnmente llamada graduación del agregado o graduación de la mezcla.

La granulometría de partículas es determinada por un análisis de tamices (o granulometría) efectuado sobre las muestras de agregado. El análisis de tamices consiste en pasar la muestra por una serie de tamices, cada uno de los cuales tiene aberturas de un tamaño específico (Figura 2.3).

Los tamices están denominados de acuerdo al tamaño de sus aberturas. Las partículas gruesas quedan atrapadas en los tamices superiores; las partículas de tamaño medio pasan a través de los tamices medianos; y las partículas finas pasan a través de los tamices inferiores. (Crespín et al. 2012)

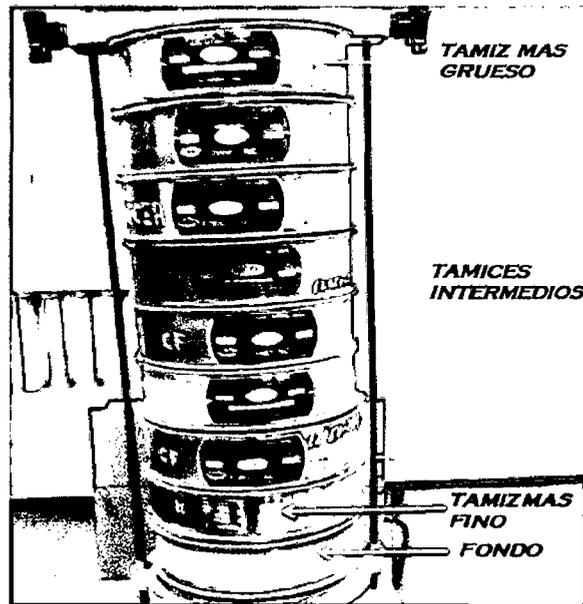


Figura 2.3. Análisis de Tamices

Fuente: Aplicación del Método Marshall y Granulometría Superpave en el Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente con Asfalto Clasificación Grado de Desempeño

b) Durabilidad (Intemperismo Acelerado).

Es el porcentaje de pérdida de material en una mezcla de agregados durante el ensayo de durabilidad de los áridos sometidos al ataque con sulfato de sodio o magnesio. Este ensayo estima la resistencia del agregado al deterioro por la acción de los agentes climáticos durante la vida útil del pavimento. Puede aplicarse tanto a agregados gruesos como finos. (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

c) Índice de Durabilidad.

El índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos, del tipo arcillosos, cuando se somete a los métodos de degradación mecánica que se describen.

El índice de durabilidad es un valor empírico que se asigna a la cantidad relativa, finura y comportamiento arcillosos del material que puede ser generado en un agregado cuando se somete a degradación mecánica.

Un índice de durabilidad mínimo ha sido especificado para prohibir el uso de un agregado, en varias aplicaciones de construcción, propensas a degradación y consecuente generación de finos de comportamiento arcilloso. (MTC, DGCF 2000)

d) Equivalente de Arena.

Es el porcentaje de arena presente en la fracción de agregado menor de 4.75 mm.

En este ensayo, una muestra de agregado fino se vierte en un cilindro graduado que contiene una solución que separa. El cilindro se agita para separar los finos de arcilla presentes en el agregado. La solución permite la separación del material y éste se sedimenta de manera individual, de modo que las partículas más grandes (arenas) se encuentran en el fondo de la probeta y gradualmente hacia arriba se tienen las partículas en suspensión (partículas plásticas). Después de un período que permita la sedimentación, se mide la altura de arcilla suspendida y la de la arena sedimentada; la relación entre ellas es el equivalente de arena (Figura 2.4). (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

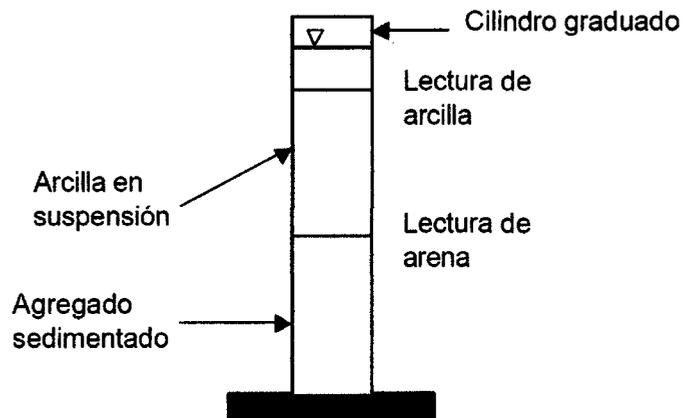


Figura 2.4. Ensayo de equivalente de arena

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 228

e) Abrasión (Prueba de Desgaste de los Ángeles)

La Abrasión es el porcentaje de pérdida de material en una mezcla de agregados durante el ensayo de abrasión de Los Ángeles. Este ensayo estima la resistencia del agregado grueso a la abrasión y degradación mecánica durante el manipuleo, construcción y servicio. Se realiza sometiendo al agregado grueso, mayor de 2.36 mm a trituración y abrasión por medio de esferas de acero y bajo el procedimiento ya especificado. (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

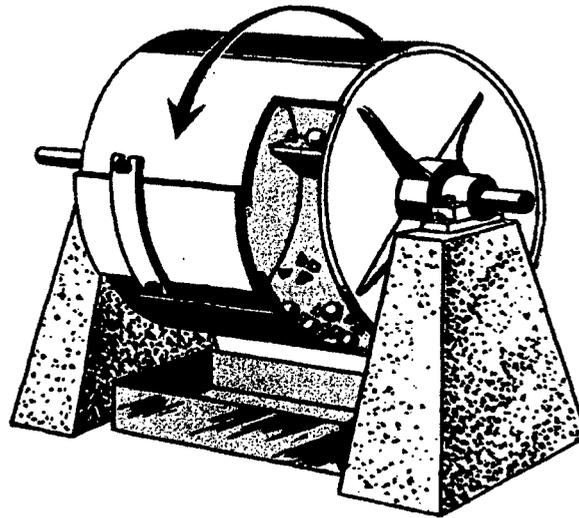


Figura 2.5. Máquina de Los Ángeles

Fuente: THE ASPHALT INSTITUTE. (1973). Manual del Asfalto (Ref. 6)

f) Partículas Chatas y Alargadas.

Es el porcentaje en peso del agregado grueso, cuya relación entre las dimensiones máxima y mínima es mayor de 5 las partículas alargadas son indeseables porque tienden a quebrarse durante la construcción y el tránsito. Se aplica a agregados gruesos mayores de 4.75 mm.

Para medir la relación de dimensiones de una muestra representativa de las partículas de agregado, se emplea un calibrador (Figura 2.6). (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

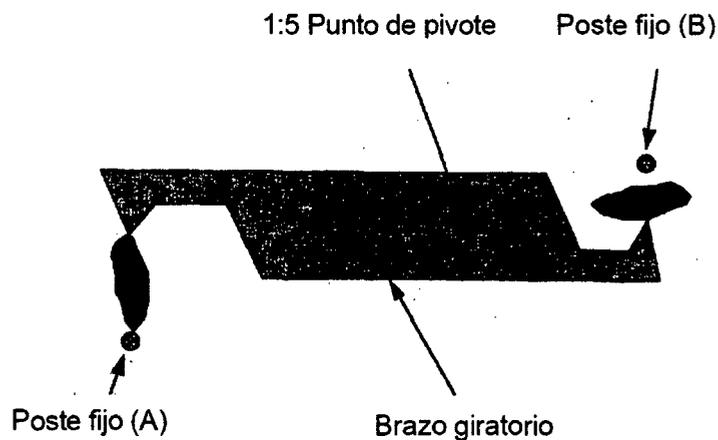


Figura 2.6. Calibrador de partículas planas y alargadas

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 228

g) Caras Fracturadas.

Estas propiedades aseguran un alto grado de fricción interna y alta fuerza al corte para resistencia al ahuellamiento. Es definido como el porcentaje por peso de agregados más grandes de 4.75 mm, con una o más caras fracturadas. Normalmente desarrollado en gravas que necesitan triturarse para obtener caras fracturadas.

Una cara fracturada es una cara que expone el interior de la partícula de grava.

Uno de los propósitos de esta estimación es maximizar la resistencia al corte mediante el incremento de la fricción entre partículas de las mezclas de agregado. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 299)

h) Gravedad Específica y Absorción de Agregados.

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso o fino según sea el caso (no incluye el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado grueso o fino. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad kg/m^3 (lb/ft^3) se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS), o como densidad aparente. De cualquier manera, la densidad, es una cantidad adimensional, se expresa como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan después de secar el agregado. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se determinan después de sumergir el agregado en agua por una duración preestablecida. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 299)

i) Angularidad del Agregado Fino.

Estas propiedades aseguran un alto grado de fricción interna y alta fuerza al corte para resistencia a las roderas (ahuellamientos). Se define como el porcentaje de vacíos de aire presentes en agregados sueltos, con tamaños menores de 2.36 mm, altos porcentajes de vacíos significan más caras fracturadas.

En la prueba, una muestra de agregado fino se vierte a través de un embudo estándar en un pequeño cilindro calibrado, determinando el peso del agregado fino (W) que llena al cilindro de volumen conocido (V); el contenido de vacíos puede calcularse como la diferencia entre el volumen del cilindro y el del agregado fino en el cilindro (Figura 2.7). La densidad específica del agregado fino (G_{sb}) se emplea para calcular el volumen del agregado fino. (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

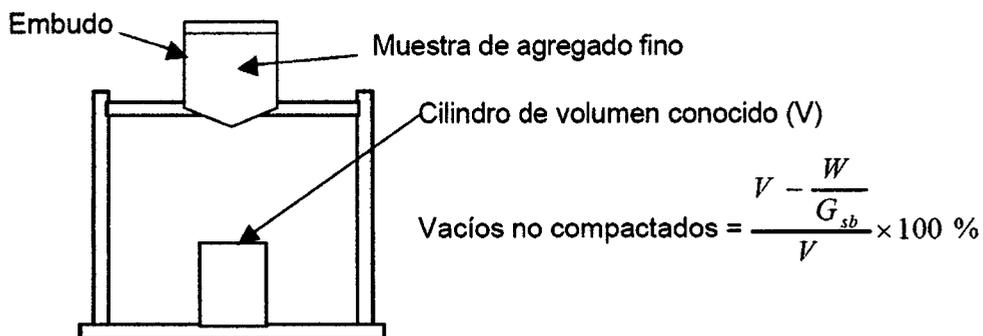


Figura 2.7. Aparato para medir la angularidad del agregado fino

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 228

j) Peso Unitario.

El peso unitario de unos áridos puede determinarse sobre volumen suelto o sobre volumen compactado.

Normalmente se emplea en material compactado el peso unitario como indicación de la calidad del árido. Los áridos más pesados tienden a ser menos porosos y más resistente que los que tienen pesos unitarios inferiores. Basándose en la experiencia se ha fijado un peso unitario compactado de 70 lb/pie³ (1137 Kg/m²) para áridos de dimensiones inferiores a 2" para mezclas de pavimentación, y de 65 lb/pie³ (1041 Kg/m²) para tamaños superiores. (Velásquez 1973)

k) Materiales Deletéreos.

La presencia de materiales deletéreos se mide con el ensayo de determinación de terrones de arcilla y el de partículas friables.

La adhesión entre el asfalto y el agregado puede ser inhibido por la presencia de polvo y arcilla que cubre al agregado grueso o fino, el cual resulta en un desprendimiento de la mezcla. En la presencia del agua, algunos finos muy arcillosos podrían causar desprendimiento por la debilitación del ligante asfáltico.

Los materiales deletéreos, que impiden el cubrimiento de asfalto en las partículas de agregado, reaccionan con el ambiente, ya que no consisten de materia mineral son también perjudiciales en la mezcla. Algunos ejemplos son terrones de arcilla, esquistos, aceites, carbón, partículas vidriosas, micas y vegetación. La presencia de micas se ha registrado por problemas hallados en algunas regiones. Es difícil cuantificar la presencia de algunos materiales deletéreos en los parámetros de desempeño de las MAC. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 299)

2.2.2 Ligante Asfáltico.

El asfalto es un componente natural de la mayor parte de los petróleos, en los que existe en disolución. El petróleo crudo se destila para separar sus diversas fracciones y recuperar el asfalto. Procesos similares producidos naturalmente han dado lugar a yacimientos naturales de asfalto, en algunos de los cuales el material se encuentra prácticamente libre de materias extrañas, mientras que en otros está mezclado con cantidades variables de minerales, agua y otras sustancias. (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

2.2.2.1 Comportamiento del Cemento Asfáltico.

Con respecto al comportamiento de la mezcla asfáltica, las características más importantes del cemento asfáltico son: la susceptibilidad a la temperatura, la viscoelasticidad, y el envejecimiento.

De las tres anteriores, la que sobresale es la susceptibilidad a la temperatura, ya que sus propiedades mensurables dependen de ésta. Asimismo, el tiempo de aplicación de la carga también es importante, puesto que para una misma carga y un mismo asfalto, los diferentes tiempos de aplicación de la carga implicarán diferentes propiedades. Por ello, los ensayos sobre los cementos asfálticos y mezclas asfálticas deben especificar la temperatura y la velocidad de carga.

Conforme a la Figura 2.10, la cantidad de asfalto que fluye podría ser la misma para una hora a 60 °C o 10 horas a 25 °C. En otras palabras, los efectos del tiempo y la temperatura están relacionados.

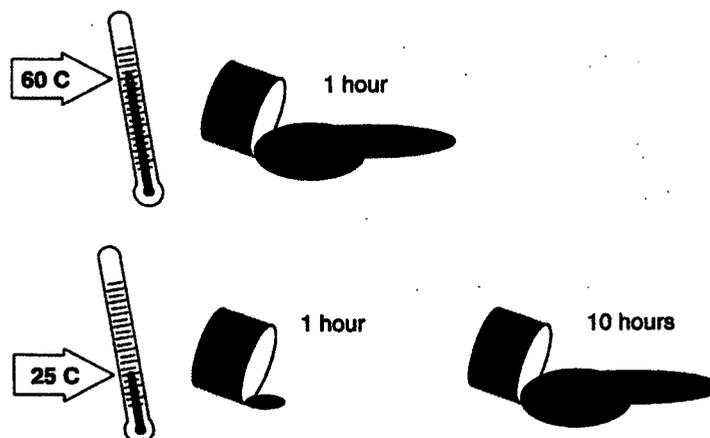


Figura 2.8. Comportamiento visco elástico del asfalto

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 267

A altas temperaturas ($>100\text{ }^{\circ}\text{C}$), o bajo carga sostenida (por ejemplo, movimientos lentos, o estacionamiento de camiones), el cemento asfáltico actúa como un líquido viscoso, es decir, tiene un comportamiento plástico.

A bajas temperaturas ($<0\text{ }^{\circ}\text{C}$) o bajo cargas aplicadas rápidamente (por ejemplo, movimiento rápido de camiones), el cemento asfáltico se comporta como un sólido elástico.

Aunque el cemento asfáltico es un sólido elástico a bajas temperaturas, éste puede llegar a ser muy frágil y agrietarse cuando es cargado excesivamente. Por esta razón, el agrietamiento a bajas temperaturas, algunas veces ocurre durante el invierno.

En el pavimento en servicio, la temperatura que se presenta normalmente es intermedia respecto a los extremos mencionados previamente. En este rango de temperaturas, el asfalto presenta ambas características, las de un fluido viscoso y las de un sólido elástico.

Después de que se enfría, el asfalto actúa como un pegamento que mantiene al agregado junto en una matriz sólida. En esta etapa, el comportamiento se conoce como visco elástico; tiene ambas características, dependiendo de la temperatura y la velocidad de la carga.

Otra característica importante del asfalto es su composición química, pues debido a que está compuesto por moléculas orgánicas, reacciona con el oxígeno del medio ambiente produciéndose la oxidación, y cambia la estructura y composición de las moléculas del asfalto. Al reaccionar con el oxígeno, la estructura del asfalto se vuelve más dura y frágil, y da origen al término endurecimiento por oxidación, o endurecimiento por envejecimiento.

La oxidación se produce más rápidamente a altas temperaturas. Es por ello que parte del endurecimiento ocurre durante el proceso de producción, cuando es necesario calentar el cemento asfáltico para el mezclado y la compactación. Esta propiedad explica el por qué la oxidación es más crítica en cementos asfálticos utilizados en pavimentos que se construyen en lugares con climas cálidos y desérticos.

Otra forma de endurecimiento es la volatilización y el endurecimiento físico. La volatilización ocurre durante el mezclado y la construcción, cuando los componentes volátiles del asfalto tienden a evaporarse. El endurecimiento físico se presenta cuando el cemento asfáltico se expone a bajas temperaturas por periodos largos. Cuando la temperatura se estabiliza a un valor bajo constante, el cemento asfáltico continúa contrayéndose y endureciéndose. El endurecimiento físico es más notable a temperaturas menores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 267)

2.2.3 Generalidades Sobre Mezclas Asfálticas.

Los pavimentos flexibles son ampliamente utilizados en la mayoría de los países a nivel mundial y Perú no es la excepción. Las mezclas asfálticas asumen un papel fundamental en los pavimentos flexibles no sólo por los volúmenes requeridos en su construcción, sino porque constituyen la parte más costosa de los mismos: la superficie que los usuarios observan cotidianamente, y la superficie por la que transitan diariamente los millones de vehículos, que resuelven gran parte de las necesidades de movilidad en las sociedades humanas contemporáneas.

La mezcla asfáltica se puede definir como una combinación de agregados minerales, aglomerados mediante un ligante asfáltico y mezclados de tal manera que los agregados pétreos queden cubiertos por una película uniforme de asfalto. Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el comportamiento funcional de la misma como pavimento. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 299)

2.2.3.1 Propiedades Consideradas en el Diseño de Mezclas Asfálticas.

(Estas bases teóricas son de SCT, IMT 2006. P.T. N° 299)

El diseño de una mezcla asfáltica consiste básicamente en la selección del tipo y granulometría del agregado a emplear, y de la selección del tipo y contenido de asfalto, de tal manera que se obtengan las propiedades deseadas en la mezcla y se satisfagan los requisitos específicos del proyecto. La selección apropiada de los materiales (con la calidad suficiente) que constituirán la mezcla y de sus proporciones correctas, requiere el conocimiento de las propiedades más significativas de las mezclas, y de su influencia en el comportamiento del pavimento. Las propiedades más relevantes en una mezcla asfáltica en caliente son:

a) Estabilidad o Resistencia a las Deformaciones Plásticas.

Esta propiedad se refiere a la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir la deformación y el desplazamiento, debidos a las cargas que resultan del tránsito vehicular. La estabilidad depende sobre todo, de la fricción interna y la cohesión. La fricción interna depende de la textura superficial, forma de la partícula, y granulometría del agregado; así como de la densidad de la mezcla, y la cantidad y tipo de asfalto; mientras que la cohesión depende del contenido de asfalto. La cohesión se incrementa con el incremento del contenido de asfalto, hasta un punto óptimo, después del cual el aumento en el contenido de asfalto

forma una película demasiado gruesa en las partículas de asfalto, lo que produce una pérdida de fricción entre las partículas de agregado.

b) Durabilidad.

Es la propiedad de la mezcla asfáltica que describe su capacidad para resistir los efectos perjudiciales del aire, agua, temperatura y tránsito que pueden provocar envejecimiento del asfalto, desintegración del agregado y desprendimiento de la película de asfalto del agregado. Una buena mezcla asfáltica no debe sufrir envejecimiento excesivo durante la vida en servicio. Esta propiedad se relaciona con el espesor de la película de asfalto, y con los vacíos de aire.

c) Flexibilidad.

Es la capacidad de la mezcla asfáltica para amoldarse, sin sufrir agrietamiento o fisuración, a los asentamientos y movimientos graduales de la base y la subrasante. En ocasiones esta propiedad presenta conflictos con los requerimientos de estabilidad.

d) Resistencia a la Fatiga.

Es la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir cargas repetidas causadas por el paso de los vehículos. El agrietamiento por fatiga está relacionado con el contenido y la rigidez del asfalto. Por su parte, los contenidos de asfalto muy altos harán que la mezcla tienda más a deformarse elásticamente (o a deformarse menos) que a fracturarse bajo carga repetida. Aunque también debe señalarse que la resistencia a la fatiga depende en gran medida de la relación entre el espesor estructural de la capa y la carga.

e) Resistencia al Fracturamiento por Baja Temperatura.

Es la capacidad de la mezcla asfáltica para no agrietarse en condiciones de bajas temperaturas. Depende principalmente de la rigidez del asfalto a bajas temperaturas.

f) Resistencia al Daño por Humedad o Impermeabilidad.

Es la resistencia al paso de agua y aire hacia el interior, o a través de la mezcla asfáltica. La resistencia al daño por humedad se relaciona con las propiedades químicas del agregado mineral y el contenido de vacíos de aire en la mezcla compactada, y por tanto con los procesos de oxidación del asfalto, su adherencia y el drenaje del pavimento.

g) Resistencia al Deslizamiento.

Es la capacidad de la mezcla asfáltica para no perder adherencia entre el neumático y la superficie de rodamiento, en particular cuando está húmeda. Una resistencia al deslizamiento baja se relaciona generalmente con las características del agregado y el contenido de asfalto.

h) Trabajabilidad.

Colocada y compactada in situ. Una buena mezcla debe ser capaz de permitir su colocación y compactación, sin que se requiera un esfuerzo demasiado grande. Esta propiedad, generalmente depende de uno, o una combinación, de los siguientes factores: características del agregado, la granulometría, el contenido, y la viscosidad del asfalto.

2.2.3.2 Deterioro en Mezclas Asfálticas.

Cuando una mezcla asfáltica se incorpora a un pavimento como carpeta, está sujeta a múltiples acciones que afectan su vida útil. Estas acciones se relacionan principalmente con el paso de los vehículos y el medio ambiente; y contribuyen en diferente medida al daño de la mezcla. Los principales deterioros en la mezcla asfáltica son: las deformaciones permanentes, el agrietamiento por fatiga, y el agrietamiento por baja temperatura (SCT, IMT 2006. P.T. N° 299). A continuación se describen dichos deterioros.

a) Deformación Permanente.

Es el deterioro caracterizado por la existencia de una sección transversal de la superficie que ya no ocupa su posición original. Se llama deformación “permanente”, pues representa la acumulación de pequeñas deformaciones generadas con cada aplicación de carga. Esta deformación es irrecuperable. Si bien las roderas pueden tener varias causas (debilidad de la MAC por cambios de humedad, abrasión, densificación del tránsito), existen dos causas principales.

Primero, las roderas resultan de por muchas aplicaciones repetidas de carga al suelo natural (subrasante), la sub base, o la base por debajo de la capa asfáltica (Figura 2.9). Aunque la utilización de materiales viales más rígidos reduce parcialmente este tipo de roderas, el fenómeno es normalmente considerado más un problema estructural que un problema de los materiales. Frecuentemente, es producto de una sección de pavimento demasiado delgada, sin la suficiente profundidad para reducir a niveles tolerables, las tensiones sobre la subrasante cuando las cargas son aplicadas. Podría ser también resultado de una

subrasante debilitada por el ingreso inesperado de humedad. La acumulación de la deformación permanente ocurre más en la subrasante que en las capas asfálticas.

Las roderas pueden ser causadas por la acumulación de deformaciones en las capas asfálticas. Este tipo de roderas es por una mezcla asfáltica cuya resistencia al corte es demasiado baja para soportar las cargas pesadas repetidas a las cuales está sometida (Figura 2.9). A veces ocurren en una capa superficial débil. En otros casos, la capa superficial no es en sí misma propensa a las roderas, pero acompaña la deformación de una inferior más débil. (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

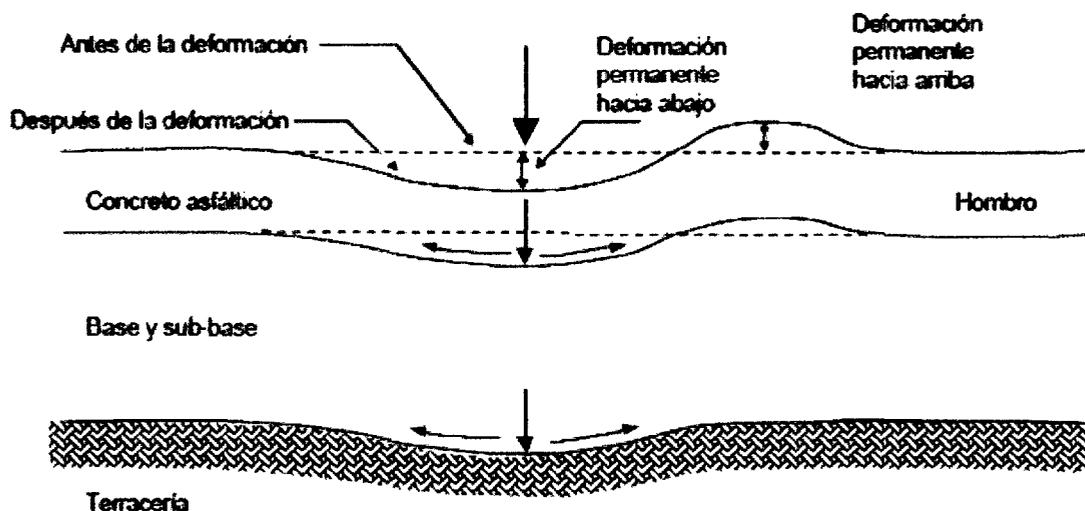


Figura 2.9. Mecanismo típico de deformación permanente en la trayectoria de la rueda externa

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 267

b) Agrietamiento Por Fatiga.

Como las roderas, la fisuración por fatiga es un tipo de deterioro que con mucha frecuencia se produce en la huella donde las cargas pesadas se aplican. Las fisuras longitudinales intermitentes a lo largo de la huella (en la dirección del tránsito) son un signo prematuro de la fisuración por fatiga. Esta es un deterioro de tipo progresivo porque, en algún momento, las fisuras iniciales se unirán con otras, causando aún más fisuras. Un estado intermedio de la fisuración por fatiga es el denominado “piel de cocodrilo”. En algunos casos extremos, el estado final de la fisuración por fatiga es la desintegración con la formación de baches.

La fisuración por fatiga es usualmente causada por un número de factores que deben producirse simultáneamente. Obviamente, las cargas pesadas repetidas están presentes. Algunos ingenieros creen que una subrasante con pobre drenaje tiene como resultado

pavimentos blandos con altas deflexiones; eso es la causa principal del fisuramiento por fatiga. Así, capas de pavimento delgadas, muy rígidas, sujetas a altas deflexiones por cargas repetidas son más susceptibles al fisuramiento por fatiga.

En muchos casos, el fisuramiento por fatiga es sólo signo de que un pavimento ha sido transitado por el número de cargas para el cual fue diseñado. Si el fisuramiento observado ocurre mucho antes de concluido el período de diseño, sería un signo de que recibió más cargas pesadas, antes de lo previsto.

De este modo, para vencer el fisuramiento por fatiga desde la perspectiva de los materiales, la MAC debe ser seleccionada de modo tal que se comporte como un material elástico blando. Esto se logra cuando el comportamiento a la tracción de la MAC se ve fuertemente influido por el cemento asfáltico con la selección de un cemento asfáltico, cuyos límites superiores están ubicados en la parte elástica de su rigidez. (SCT, IMT 2005. P.T. N° 228)

c) Fracturamiento por Baja Temperatura.

Como su nombre lo indica, la fisuración por baja temperatura es un deterioro causado más por las condiciones adversas del medio ambiente que por la aplicación de las cargas del tránsito. Se caracteriza por fisuras transversales (perpendiculares a la dirección del tránsito) intermitentes, que se producen con un espaciamiento notablemente uniforme.

Las fisuras por baja temperatura se forman cuando una capa de pavimento asfáltico se contrae en climas fríos. En el momento en que el pavimento se contrae, se originan tensiones de tracción dentro de la capa. En algún lugar a lo largo del pavimento, la tensión de tracción excede la resistencia de tracción y la capa asfáltica se fisura. Así, las fisuras por baja temperatura ocurren principalmente a partir de un ciclo de baja temperatura. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 267)

2.2.3.3 Tipos de Mezclas Asfálticas.

Existen varias clasificaciones de mezclas asfálticas, de acuerdo con el parámetro considerado para establecer las diferencias. Así, conforme las fracciones de agregado pétreo empleado en la elaboración de la mezcla, éstas se dividen en mástico asfáltico, mortero asfáltico, macadam asfáltico, y concreto asfáltico. Si la temperatura es considerada, se dividen en mezclas en frío y mezclas en caliente. Si el parámetro considerado es el porcentaje de vacíos de aire, las mezclas pueden ser densas o cerradas; semidensas o semicerradas; abiertas y porosas, dependiendo de si tienen menos del 6%, entre el 6 y el 12% de vacíos de aire, entre el 12 y el 18% o más del 20%, respectivamente.

Otra clasificación se establece de acuerdo con la estructura de los agregados pétreos; así, se tienen mezclas con o sin esqueleto mineral. Si se considera la curva granulométrica, se clasifican en mezclas asfálticas continuas o mezclas discontinuas. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 267)

2.2.3.4 Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC).

El concreto asfáltico mezclado en planta y compactado en caliente, se compone de una mezcla de agregados graduados y asfalto, fabricado a una temperatura aproximada de 50°C colocada y compactada en caliente a una temperatura de 140 °C. Las plantas para la producción de mezclas en caliente se construyen de tal manera que, después de secar y calentar los agregados, los separa en diferentes grupos de tamaños, los recombina en las proporciones adecuadas, los mezcla con la cantidad debida de asfalto caliente y finalmente los entrega a los vehículos transportadores, que a su vez la colocan en la máquina pavimentadora para que esta la deposite sobre la vía con un espesor uniforme, después se compacta mediante rodillos mientras la temperatura se conserva dentro de los rangos de especificación. (Crespín et al. 2012)

2.2.3.5 Métodos de Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente.

El proceso de diseño de una mezcla asfáltica, independientemente del método de diseño utilizado, involucra la selección del agregado, selección del asfalto; compactación de los especímenes de prueba, el cálculo de los parámetros volumétricos; y la determinación del contenido de asfalto óptimo.

Por varias décadas ha tenido gran difusión y aceptación el procedimiento conocido como método Marshall. Sin embargo, hoy en día, la confiabilidad de sus resultados es cuestionada, pues diversos estudios e investigaciones han concluido que se tienen problemas que derivan de la naturaleza empírica de los procedimientos de laboratorio que sustentan este método.

Por lo anterior, se llegó a la conclusión de que era necesario contar con un procedimiento alternativo, que permitiera un método de diseño más representativo y confiable.

En respuesta a lo anterior, como parte del programa de investigación en carreteras SHRP (Strategic Highway Research Program), en los Estados Unidos se desarrolló un procedimiento de dosificación de mezclas asfálticas denominado Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement). Actualmente en la mayoría de los estados de la Unión Americana y en algunos de Canadá se han implementado totalmente las especificaciones

del asfalto, las especificaciones del agregado, y el procedimiento de diseño de la mezcla. (Crespín et al. 2012)

2.2.4 Método Marshall.

El concepto del método Marshall en el diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de mezclas. El método original únicamente es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación, que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor. El método Marshall modificado se desarrolló para tamaños máximos arriba de 38 mm (1.5"), y está pensado para diseño en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente, con graduación densa.

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de 64 mm (2 ½") de alto y 102 mm (4") de diámetro; se preparan mediante un procedimiento para calentar, combinar y compactar mezclas de asfalto- agregado. Los dos aspectos principales del método Marshall son la densidad-análisis de vacíos, y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados.

La estabilidad del espécimen de prueba es la máxima resistencia en N (lb) que un espécimen estándar desarrollará a 60 °C cuando es ensayado. El valor de flujo es el movimiento total o deformación, en unidades de 0.25 mm (1/100") que ocurre en el espécimen entre estar sin carga y el punto máximo de carga durante la prueba de estabilidad.

El método Marshall sólo establece requisitos para la granulometría y los parámetros volumétricos de la mezcla. Los requisitos de calidad del agregado y del asfalto los fijan las dependencias encargadas del desarrollo de la infraestructura, en el caso de Perú, la Especificaciones Generales (EG-2013) es el organismo que establece los requisitos que deben cumplirse para diseño y control de mezclas asfálticas. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 267)

2.2.4.1 Especificaciones de la Metodología

(Estas bases teóricas son del MTC, DGCF 2013)

a) Requisitos del Agregado Pétreo.

Se denominará agregado grueso a la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N° 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 μ m (N° 4 y N.° 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 μ m (N° 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión con el asfalto.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia, que impida la adhesión con el asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

Tabla 2.1. Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		$\leq 3'000$	$> 3'000$
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

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

La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.

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

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. Podrá usarse una fracción del material proveniente de la clasificación, siempre que se verifique que no tenga actividad y que sea no plástico.

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

Tabla 2.2. Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		≤3'000	>3'000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción **	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

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

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

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

b) Requisitos del Asfalto.

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la Tabla 2.3, según lo establecido en Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Tabla 2.3. Selección del tipo de cemento asfáltico

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

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

Tabla 2.4. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Grado	Tipo	Ensayo	Tipo Grado Penetración									
			PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
			Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso												
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm		MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C		MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm		MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %		MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾		MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾												
Solvente Nafta – Estándar			Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno			Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h												
Pérdida de masa, %		ASTM D 1754	0,8		0,8		1,0		1,3		1,5	
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %		MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾		MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen las Tablas 2.4 y 2.5.

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C.

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la inclusión de aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto garantizado, con los ensayos correspondientes. En tales casos, las especificaciones particulares establecerán el tipo de aditivo y las especificaciones que deberán cumplir tanto el cemento asfáltico modificado como las mezclas asfálticas resultantes, que serán aprobadas por el Supervisor, al igual que la dosificación y dispersión homogénea del aditivo incorporado.

Tabla 2.5. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±800
Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo	1,25	2,5	5	10	20
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾					
Solvente Nafta – Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

Fuente: ASTM D 3381, NTP

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

c) Requisitos del Aditivo Mejorador de Adherencia.

Para el mejoramiento de la adherencia entre los productos bituminosos y los agregados pétreos se podrán emplear:

Cal tipo I y II (AASHTO M303).

Base tipo amina.

Cenizas (AASHTO M295).

Otros productos de calidad certificada.

El mejorador de adherencia seleccionado, previamente en el Proyecto o aprobado por el Supervisor, deberá garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tipo de pavimento bituminoso a utilizar. En el caso de mejoradores de adherencia líquidos, deben ser homogéneos y no presentar separación de fases.

La efectividad, compatibilidad y alto rendimiento del aditivo entre el par asfalto – agregado en cada uno de los diseños de mezcla, será evaluada según AASHTO T283 señalado en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Efectividad de los aditivos

Ensayos	Norma	Requerimiento
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (**)	AASHTO T 283*	80 mín.

* El Ensayo AASHTO T-283 deberá ser efectuado teniendo en cuenta la aplicación de los ciclos completos de congelamiento y calentamiento

** Opcionalmente se puede efectuar el método ASTM D 4867 (Lootman Modificado) y deberá ser efectuada teniendo en cuenta la aplicación de los ciclos completos de congelamiento y calentamiento

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

En caso de que el producto utilizado sea cal, deberá cumplir los requerimientos indicados en las Tablas 2.7 y 2.8.

Tabla 2.7. Requerimientos para Cal Tipo I y Cal Tipo II

Requerimiento	% en masa
Contenido mínimo de Cal Activa (% en masa) (% Ca (OH) ₂ +% Ca (O) ^α)	90
Contenido máximo de Cal Deshidratada (% en masa de CaO)	7
Contenido máximo de Agua (% en masa de H ₂ O)	3

α No se permite más del 7% en masa de óxido de calcio (cal deshidratada) en la determinación del contenido total de cal activa.

Fuente: AASHTO M303

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

Tabla 2.8. Requerimientos para Cal Tipo II

Requerimiento	% en masa
Contenido mínimo de residuo de ignición de Óxido de Calcio y Magnesio (% ^α)	96
Contenido máximo de Dióxido de Carbono (de base recibida)	7
Contenido máximo de óxido de calcio deshidratado (de base recibida)	3

α La ignición a masa constante será realizada en horno eléctrico a temperaturas de 1000-1100 °C (1800-2000.°F).

Fuente: AASHTO M303

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

d) Requisitos del Filler o Polvo Mineral.

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada.

La cal hidratada deberá cumplir los requisitos que se especifican en la norma AASHTO-M303 y los restantes materiales antes descritos, deben cumplir la norma ASTM D-242.

e) Requisitos de la Temperatura de aplicación del material bituminoso.

El material bituminoso a utilizar en los diferentes trabajos según la especificación respectiva será obligatoriamente aplicado dentro de los rangos de la carta viscosidad-temperatura (ASTM D341) establecidos en el proyecto y aprobado por el Supervisor. Se observará los rangos de temperatura de aplicación establecidos en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Rangos de temperatura de aplicación (°C)

Tipo y Grado del Asfalto	Temperaturas de Esparcido ⁽²⁾		Temperaturas de Mezclado en Planta ⁽¹⁾	
	Mezclas in situ	Tratamientos superficiales	Mezclas Densas	Mezclas Abiertas
Asfaltos Diluidos				
MC-30	-	30	-	-
RC-70 ó MC-70	20	50	-	-
RC-250 ó MC-250	40	75	55-80	-
RC-800 ó NC-800	55	95	55-80	-
Emulsiones Asfálticas				
CRS-1	-	50-85	-	-
CRS-2	-	50-85	-	-
CMS-2	20-70	-	10-70	
CMS-2h, CSS-1, CSS-1h	20-70	-	10-70	
Cemento Asfáltico				
Todos los grados		140 máx. ⁽⁴⁾		140 máx. ⁽⁴⁾

(1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada.

(2) La Máxima temperatura deberá estar debajo de aquella en la que ocurre vapores o espuma

(3) En algunos casos la temperatura de aplicación puede estar por encima del punto de inflamación. Por tanto se debe tener precaución para prevenir fuego o explosiones.

(4) Se podrá variar esta temperatura de acuerdo a la carta de viscosidad-temperatura

Fuente: MS-16-Asphalt Institute

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

f) Requisitos de la Granulometría.

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente deberán ajustarse a alguna de las siguientes gradaciones y serán propuestas por el Contratista y aprobadas por el Supervisor.

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la Tabla 2.10. Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Tabla 2.10. Gradación para MAC

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

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

g) Requisitos Volumétricos de la MAC.

Las características de calidad de la mezcla asfáltica, deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso que se indican en la Tablas 2.11 y 2.12, según corresponda al tipo de mezcla que se produzca, de acuerdo al diseño del proyecto.

Tabla 2.11. Requisitos de adherencia

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		< 3'000	> 3'000*
Adherencia (Agregado grueso)	MTC E 517	+95	-
Adherencia (Agregado fino)	MTC E 220	4 mín.**	-
Adherencia (mezcla)	MTC E 521		+95
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283	-	80 Mín.

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

Tabla 2.12. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01” (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire ⁽¹⁾ (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10 (EG-2013)		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión (Mpa) mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto ⁽²⁾	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) ⁽³⁾	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

(2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.

(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.

(4) El Índice de Compactibilidad mínimo será 5.

El Índice de Compactibilidad se define como:
$$\frac{1}{GEB50 - GEB5}$$

Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

Para zonas de alturas mayores a 3000 msnm. ó zonas húmedas y lluviosas; la efectividad, compatibilidad y alto rendimiento del aditivo entre el par asfalto – agregado en cada uno de los diseños de mezcla, será evaluado según subsección 430.02 ó en el caso de evaluarse con la norma ASTM D-1075 y/o ASTM D-4867 (Lottman Modificado), debe obtener valores mínimos de ochenta por ciento (80%).

Tabla 2.13. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

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

Nota: Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la Subsección 423.02(c). Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

Fuente: Especificaciones Generales para Construcción (EG-2013)

2.2.4.2 Propósito de la Metodología.

El propósito del Método Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. El método también provee información sobre propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, y establece densidades y contenidos óptimos de vacío que deben ser cumplidos durante la elaboración de la mezcla. El método original de Marshall, sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1 pulg) o menor. El método puede ser usado para el diseño en laboratorio, como para el control de campo de mezclas asfálticas en caliente. (Crespín et al. 2012)

2.2.4.3 Evaluación y Ajustes de una Mezcla de Diseño.

Cuando se desarrolla una mezcla de diseño, es frecuentemente necesario hacer varias mezclas de prueba para encontrar una que cumpla con todos los criterios de diseño. Cada una de las mezclas de prueba sirve como una guía para evaluar y ajustar las pruebas siguientes. Para diseño de mezclas preliminares o exploratorias, es aconsejable comenzar con una graduación de agregado que se acerque a la media de los límites establecidos. Las mezclas de prueba iniciales sirven para establecer la fórmula de trabajo y verificar que la

graduación de agregado dentro de los límites especificados puede ser reproducida en una planta mezcladora.

Para corregir una deficiencia, la manera más fácil de rediseñar una mezcla es cambiar la graduación de los agregados ajustando los porcentajes utilizados. Frecuentemente este ajuste es suficiente para cumplir con las especificaciones. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

Existen lineamientos generales para ajustar las mezclas de prueba, aunque estas sugerencias no funcionan en todos los casos:

a) Vacíos Bajos y Estabilidad Baja.

Los vacíos pueden incrementarse en diferentes formas. Como un acercamiento general para lograr vacíos altos en el agregado mineral (en consecuencia proveer de suficientes espacios, para una adecuada cantidad de asfalto y vacíos de aire), la graduación del agregado debe ajustarse mediante la adición de más agregado grueso o fino.

Si el contenido de asfalto es más alto de lo normal y el exceso no es necesario para reemplazar el absorbido por el agregado, entonces el contenido de asfalto deberá reducirse a fin de incrementar el porcentaje de vacíos, proveyendo un adecuado VMA. Se deberá recordar que disminuir el porcentaje de asfalto podrá tender a bajar la durabilidad del pavimento. Demasiada reducción en el contenido de asfalto puede ocasionar fracturación, oxidación acelerada e incremento de la permeabilidad. Si los ajustes anteriores no producen una mezcla estable, el agregado tendrá que cambiarse.

Es también posible mejorar la estabilidad e incrementar el contenido de vacíos en el agregado de la mezcla, mediante el incremento del agregado grueso o reducción de la cantidad de material que pasa la malla No. 200. Con la incorporación de arena procesada, el contenido de vacíos puede mejorarse sin sacrificar la estabilidad de la mezcla. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

b) Vacíos Bajos y Estabilidad Satisfactoria.

Bajos contenidos de vacíos pueden eventualmente resultar en inestabilidad debido a flujo plástico o después de que el pavimento ha sido expuesto al tránsito por un periodo de tiempo ante la reorientación de las partículas y compactación adicional.

Por su parte, insuficientes vacíos pueden ser producto de la cantidad requerida de asfalto para obtener una durabilidad alta en mezclas finas; sin embargo, la estabilidad es inicialmente satisfactoria por el tránsito específico. Una degradación de agregado pobre durante la producción de la mezcla y/o bajo la acción de tránsito puede ocasionar

subsecuentemente inestabilidad y flujo si el contenido de vacíos de la mezcla no es suficiente. Por estas razones, mezclas con vacíos bajos tendrán que ajustarse por uno de los métodos dados, en el inciso anterior sin importar que la estabilidad inicial sea satisfactoria. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

c) Vacíos Satisfactorio y Estabilidad Baja.

La baja estabilidad cuando los vacíos y la graduación del agregado son satisfactorios, puede indicar algunas deficiencias en el agregado. Se deberán tomar consideraciones para mejorar la forma de la partícula de los agregados utilizando material producto de trituración o incrementando el porcentaje de agregado grueso en la mezcla o posiblemente aumentando el tamaño máximo del agregado. Partículas de agregado con textura rugosa y superficies menos redondeadas, presentan más estabilidad cuando se mantiene o incrementa el volumen de vacíos. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

d) Vacíos Altos y Estabilidad Satisfactoria.

Altos contenidos de vacíos se asocian frecuentemente con mezclas con alta permeabilidad; al permitir la circulación de aire y agua a través de la mezcla asfáltica pueden ocasionar endurecimiento prematuro del asfalto, desprendimiento del agregado, o posible desprendimiento del asfalto en el agregado. Aun cuando la estabilidad es satisfactoria, se deberán realizar ajustes para reducir los vacíos. Pequeñas reducciones se lograrán mediante la adición de polvo mineral a la mezcla. Podría ser necesario seleccionar o combinar agregados para lograr una graduación, la cual deberá estar cerca de la curva de máxima densidad. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

e) Vacíos Altos y Estabilidad Baja.

Se deberán tomar en cuenta dos pasos para este tipo de condiciones; el primero es ajustar el volumen de vacíos mediante los métodos discutidos en los puntos anteriores; y en el segundo, si los ajustes no mejoran la estabilidad, deberá hacer una consideración de la calidad de los materiales, conforme en a) y b). (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246).

2.2.4.4 Pruebas de la Mezcla Asfáltica Compactada.

En el método Marshall se elaboran tres tipos de pruebas para conocer tanto sus características volumétricas como mecánicas. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

a) Gravedad Específica Máxima y Densidad de Mezclas.

Se determina la gravedad específica teórica máxima G_{mm} de acuerdo a la norma AASHTO T 209-05, de la mezcla asfáltica en su estado suelto, para al menos dos contenidos de asfalto; de preferencia en un rango en donde se estime que podrá encontrarse el contenido óptimo. Una vez hecho lo anterior, se pueden determinar los valores de G_{mm} para los distintos contenidos de asfalto que se utilizan en el diseño. (Crespín et al. 2012)

b) Determinación de la Gravedad Específica Bulk.

La prueba de gravedad específica puede desarrollarse tan pronto como el espécimen se haya enfriado en un cuarto de temperatura. Esta prueba se hace de acuerdo con la Norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas utilizando parafina; o la ASTM D2726, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas mediante superficies saturadas de especímenes secos.

Para determinar cuál norma se debe utilizar, se realizan pruebas de absorción a la mezcla asfáltica compactada; si la absorción es mayor al 2%, se recurre a la norma ASTM D1188; en caso contrario, se emplea la norma ASTM D2726. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

c) Prueba de Estabilidad y Flujo.

Después de que la gravedad específica se ha determinado, se procede a la prueba de estabilidad y flujo, que consiste en sumergir el espécimen en un baño María a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Con el equipo de prueba listo se remueve el espécimen colocado en baño María y cuidadosamente se seca la superficie. Ubicando y centrando el espécimen en la mordaza inferior, se coloca la mordaza superior y se centra completamente en el aparato de carga.

Posteriormente, se aplica la carga de prueba al espécimen a una deformación constante de 51 mm (5") por minuto, hasta la falla. El punto de falla se define por la lectura de carga máxima obtenida. El número total de Newtons (lb) requeridos para que se produzca la falla del espécimen deberá registrarse como el valor de estabilidad Marshall.

Mientras la prueba de estabilidad está en proceso, si no se utiliza un equipo de registro automático, se deberá mantener el medidor de flujo sobre la barra guía y cuando la carga empiece a disminuir se deberá tomar la lectura, y registrarla como el valor de flujo final. La diferencia entre el valor de flujo final e inicial, expresado en unidades de 0.25 mm (1/100"), será el valor del flujo Marshall. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

d) Análisis de Densidad y Vacíos.

Después de completar las pruebas de estabilidad y flujo, se realiza el análisis de densidad y vacíos para cada serie de especímenes de prueba.

Resulta conveniente determinar la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para al menos dos contenidos de asfalto, preferentemente aquellos que estén cerca del contenido óptimo de asfalto. Un valor promedio de la gravedad específica efectiva del total del agregado se calculará de estos valores.

Utilizando la gravedad específica y la gravedad específica efectiva del total del agregado; el promedio de las gravedades específicas de las mezclas compactadas; la gravedad específica del asfalto y la gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica, se calcula el porcentaje de asfalto absorbido en peso del agregado seco, porcentaje de vacíos (V_a); porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA) y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA). (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

2.2.5 Metodología Superpave.

El Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (Strategic Highway Research Program, SHRP) fue un proyecto desarrollado en los Estados Unidos a partir de 1987. Su costo total de 150 millones de dólares, de los cuales 50 millones de dólares fueron invertidos en nuevas especificaciones para ligantes en mezclas asfálticas, las cuales presentan un sistema mejorado para la caracterización de materiales (ligante y agregados), y el análisis y diseño de mezclas que tomen en consideración su comportamiento en campo.

Estas nuevas especificaciones que conforman el sistema Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement) incorpora el comportamiento en servicio de los pavimentos basado en los principios básicos de la ingeniería de materiales e incluye, además, nuevos equipos de ensayo, metodologías y criterios de interpretación. (Montejo 2002)

2.2.5.1 Granulometría Superpave.

La aparición de nuevos criterios para la evaluación de la graduación de agregados es debido al surgimiento de la metodología de diseño Superpave, la cual forma parte del programa estratégico de investigación en carreteras SRHP, el cual está dirigido a mejorar el desempeño y vida útil de las carreteras. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 299)

Los puntos a discutir en el presente ítem son:

Tamaño de mallas
 Gráfica elevada al exponente 0,45
 Línea de máxima densidad
 Tamaño máximo nominal y tamaño máximo
 Mecanismos de control de la granulometría
 La zona restringida

a) Gráfica Elevada al Exponente 0.45.

Para especificar la granulometría, Superpave ha modificado un enfoque ya en uso en algunas agencias. Utiliza el exponencial 0.45 en la carta granulométrica para definir una granulometría permitida. Esta carta usa una técnica grafica única para juzgar la distribución de tamaños acumulados de partículas de una mezcla de agregados. Las ordenadas de la carta son los porcentajes que pasan, las abscisas en escala aritmética representan las aberturas de los tamices en mm elevadas a la potencia 0.45.

Origen de la Gráfica de Fuller.

La curva de distribución granulométrica de un material grueso, no uniforme, o grafica de Fuller tiene su origen en la ecuación de Fuller, la cual representa condiciones de máxima densidad y mínimo de vacíos en el agregado mineral (VMA), la ecuación de Fuller se describe a continuación:

$$P_i = \left(\frac{D_i}{D_{m\acute{a}x}} \right)^n \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- P_i = acumulado que pasa, en decimal, para el diámetro de la partícula D_i
- D_i = diámetro de la partícula
- $D_{m\acute{a}x}$ = tamaño máximo del material
- n = valor asociado a la forma de la curva

La literatura sugiere que cuando el factor de forma tiene un valor de 0.45 la mezcla es capaz de alcanzar las máximas densidades cuando se compacta. Lo que hay que resaltar

aquí es que solo las curvas con n igual o cercana a 0.45 producen la máxima densificación; aunque esto se ha desvirtuado en la actualidad.

La Figura 2.14 muestra la representación con el diámetro elevado a la potencia de 0.45 que fue introducida en los años 60's por la FHWA (Federal Highway Association) de Estados Unidos. Esta representación permite visualizar la línea de máxima densificación y evitar que la curva de graduación de diseño caiga encima de ella. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 299)

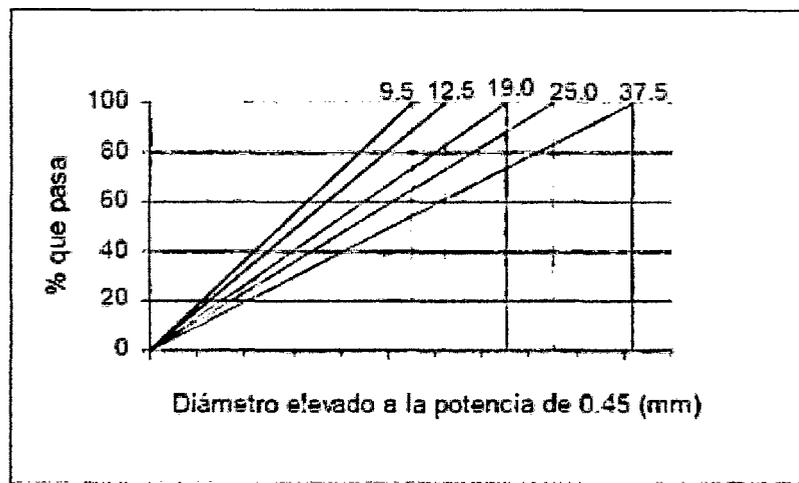


Figura 2.10. Representación de granulometrías según la FHWA

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 299

Importancia de la Gráfica de Fuller.

La importancia de usar la gráfica de Fuller, es que permite expresar la graduación de agregados en una mezcla asfáltica con dos números (n_i/D_i). El primer número está referido a la forma de la curva y a la estructura y arreglo geométrico de la potencial masa compactada, mientras el otro se refiere al tamaño máximo del agregado. Esto facilita la expresión y manejo de la graduación, de las especificaciones granulométricas y hasta la definición de la buena graduación y el potencial de densificación de la mezcla.

Se observa que hay una influencia igualitaria de D_{max} y n en la trabajabilidad. En el ámbito de las graduaciones de Superpave, la facilidad de manejo y colocación aumenta a medida que las mezclas tienen a la vez tamaños máximos más pequeños y estructuras más densas. Una mezcla densa y otra abierta tienen significativamente diferentes trabajabilidades para un mismo tamaño máximo.

Regresando a la técnica gráfica única para juzgar la distribución de tamaños acumulados de partículas de una mezcla de agregados, en la Figura 2.11 se ilustra cómo se calcula el valor de la abscisa. En el ejemplo la malla de 4.75mm se grafica como 2.02.

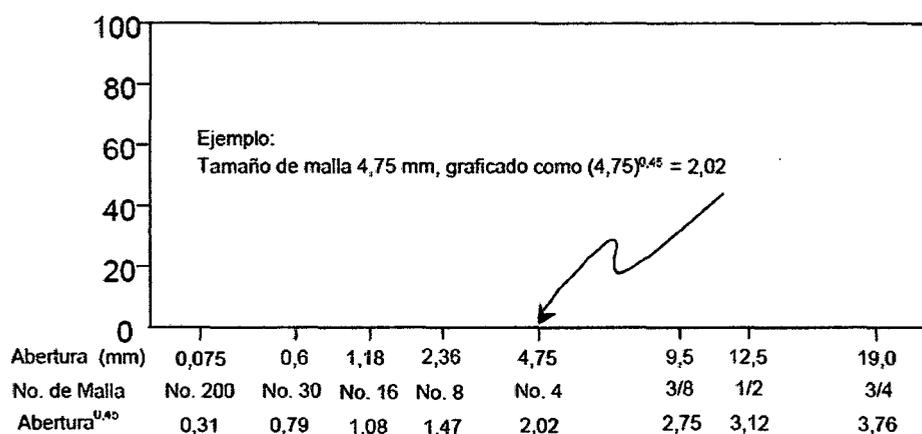


Figura 2.11. Ilustración de cómo se grafican las abscisas

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 299

Normalmente este tipo de gráficas no se presentan una escala aritmética común, en vez de ello, la escala está en función de tamaño de malla como se observa en la segunda fila de las abscisas de la Figura 2.11.

Se debe comentar que no existe evidencia publicada que soporte la adopción del valor del exponente 0,45. Algunos reportes que circulan en la industria indican que el factor de 0,45 no debe ser aplicado universalmente para todo tipo agregados.

Línea de Máxima Densidad.

Un rango importante de esta carta es la granulometría de máxima densidad; corresponde a una línea recta extendida desde la abscisa de tamaño máximo de agregado y ordenada 100%, hasta el origen (0 %, 0 mm).

La granulometría de máxima densidad representa la graduación para la cual las partículas de agregado se acomodan entre sí, conformando el arreglo volumétrico más compacto posible. Evidentemente, esta granulometría debe evitarse porque habría muy poco espacio entre los agregados como para permitir el desarrollo de una película de asfalto lo suficientemente gruesa, como para obtener una mezcla durable.

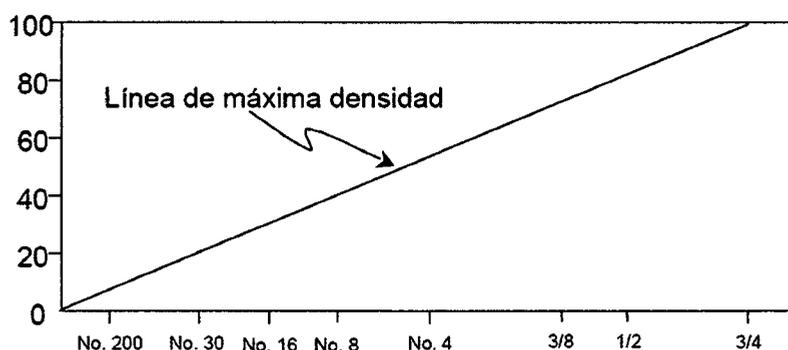


Figura 2.12. Graduación de máxima densidad para tamaño máximo de 19 mm

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 299

Mecanismos de Control de Granulometría.

Para especificar la granulometría del agregado, se emplearon dos conceptos: los puntos de control y la zona restringida. Los puntos de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica y corresponden al tamaño máximo nominal, un tamaño intermedio (2.36 mm) y un tamaño de finos (0.075 mm).

Los puntos de control fueron seleccionados para cumplir objetivos específicos, los cuatro puntos de control superiores, mínimo 100% que pasa la malla de tamaño máximo, 90 a 100% pasando la malla del tamaño máximo nominal y 90% máximo que pasa la malla menor inmediata que la del tamaño máximo nominal, se utilizan para verificar que se cumpla con la definición de tamaño máximo nominal y tamaño máximo.

Los cuatro puntos de control inferiores sirven para propósitos diferentes. Los requerimientos máximos y mínimos para la malla N° 200 (0.075 mm), son típicamente para mezclas asfálticas de granulometría cerrada.

Los puntos de control para la malla No 8 (2,36 mm), son utilizados para controlar partículas con tamaño de arena en la mezcla. El punto superior limita la cantidad de arena en la mezcla con el fin de evitar mezclas asfálticas arenosas las cuales generalmente no cumplen con las especificaciones. El punto inferior asegura una cantidad de arena adecuada en la mezcla para cumplir con los requerimientos de una granulometría densa. Una granulometría con granulometría abierta o mezcla porosa no cumplirá con estos puntos de control.

La zona restringida ha sido especificada para asegurarse que se desarrolla una adecuada estructura en la mezcla. La zona restringida se ubica entre los tamaños intermedios (4.75 o 2.36 mm) y 0.3 mm. Forma una banda por la cual la curva granulométrica no

deberá pasar. Se especifica que las granulometrías deben pasar ya sea abajo o arriba de la zona. Mezclas que pasan por arriba tenderán a ser arenosas y a tener estructuras de agregado débiles en comparación con las que pasan debajo de la zona restringida.

Granulometrías que pasan a través de la zona de restricción (desde abajo), se llaman "humpedgraduations" (graduaciones con joroba) por la forma característica de joroba que se forma en la curva al pasar por aquella zona. En la mayoría de los casos, estas curvas indican una mezcla con mucha arena fina en relación con el total de la arena. Las granulometrías que violan la zona restringida poseen un esqueleto granular débil que depende demasiado de la rigidez del cemento asfáltico para alcanzar una mezcla con resistencia al corte.

La Figura 2.13 muestra un esquema para un tamaño máximo de agregado de 19 mm.

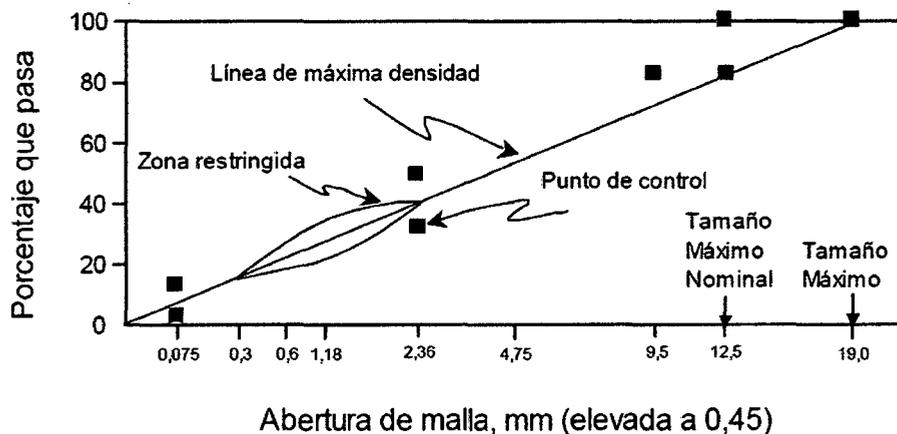


Figura 2.13. Límites para las granulometrías Superpave

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 299

Un diseño de la estructura del agregado que pase entre los puntos de control y evite la zona de restricción, satisface los requerimientos granulométricos de Superpave.

Los valores de los parámetros: puntos de control y zona restringida, están referenciados a cinco designaciones que la metodología Superpave establece, en las cuales proponen los tamaños máximos nominales más utilizados y los criterios correspondientes a los parámetros mencionados. En la Tabla 2.14, se presentan a cinco designaciones propuestas en la metodología Superpave.

Tabla 2.14. Distintos tipos de requerimientos para granulometrías Superpave

Tamiz	Tamaño máximo nominal 37,5 mm.		Tamaño máximo nominal 25,0 mm.		Tamaño máximo nominal 19,0 mm.		Tamaño máximo nominal 12,5 mm.		Tamaño máximo nominal 9,0 mm.											
	Puntos de Control	Zona restringida		Puntos de Control	Zona restringida		Puntos de Control	Zona restringida		Puntos de Control	Zona restringida									
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.								
50	100																			
37.5	90	100	100																	
25			90	100	100															
19					90	100	100													
12.5							90	100	100											
9.5									90	100										
4.75	34,7 34,7		39,5 39,5																	
2.36	15	41	23,3	27,3	19	45	26,8	30,8	23	49	34,6	34,6	28	58	39,1	39,1	32	67	47,2	47,2
1.18	15,5 21,5		18,1 24,1				22,3 28,3		25,6 31,6		31,6 37,6									
0.6	11,7 15,7		13,6 17,6				16,7 20,7		19,1 23,1		23,5 27,5									
0.3	10 10		11,4 11,4				13,7 13,7		15,5 15,5		18,7 18,7									
0.15																				
0.075	0	6	1 7		2 8		2 10		2 10		2 10									

Fuente: Aplicación del Método Marshall y Granulometría Superpave en el Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente con Asfalto Clasificación Grado de Desempeño.

La Zona Restringida.

Después de algunos años de estar utilizando las especificaciones de Superpave referente a la graduación de los agregados, investigadores de la Nacional Cooperative Highway Research Program, desarrollaron una investigación bajo el título NCHRP Report 464 The Restricted Zone in the Superpave Aggregate Gradation Specification para revisar las recomendaciones originales del método de diseño Superpave para MAC. Se revisaron las graduaciones de agregados y su influencia en las MAC. Finalmente, encontraron que las recomendaciones originales se establecieron por consenso sin una base experimental, el criterio de revisión incluyó la zona de restricción por la cual recomendaron no pasar graduaciones de agregados.

La literatura en la cual estos investigadores basaron la revisión de las recomendaciones de la zona de restricción fue el Reporte SHRP-A-408 de la SHRP, nivel uno del diseño de mezclas: Selección de materiales, compactación y acondicionamiento, de donde surge la idea de la zona de restricción.

Las preguntas principales en su revisión fueron:

¿Cuáles eran las bases de la zona de restricción?

¿Qué conclusiones y recomendaciones habían acerca de las graduaciones que violaban la zona de restricción?

¿Cuáles eran las posibles variables que deberían ser estudiadas para evaluar las graduaciones que pasan a través de la zona de restricción?

Las conclusiones de la NCHRP Report 464 más importantes fueron las siguientes:

1. Las mezclas que cumplieron con los requerimientos de Superpave, incluidos las graduaciones que violaron la zona de restricción, presentaron comportamientos similares o mejor que mezclas con graduaciones que pasan fuera de la zona de restricción.
2. Las referencias de la zona de restricción, ya sea como un requerimiento o una guía, debería suprimirse de las especificaciones para el diseño volumétrico de la MAC, sin tomar en cuenta el tamaño máximo del agregado o nivel de tráfico. Algunas agencias solo han usado la zona de restricción para diferenciar graduaciones finas de gruesas.

Las recomendaciones de la NCHRP Report 464 más importantes fueron las siguientes:

1. Los resultados del estudio demostraron que la zona de restricción es redundante en todas las condiciones. Por lo tanto, la zona de restricción debería suprimirse para evitar confusión en su implementación.
2. Diversos investigadores recomiendan omitir la zona de restricción, toda vez que el comportamiento de las mezclas depende de otras características como las que ya se han indicado. Con respecto a la deformación permanente algunos aseguran que solo la zona de restricción no influye en los resultados obtenidos experimentalmente.
3. En resumen, las diversas investigaciones acerca de la zona de restricción recomiendan omitir esta zona toda vez que por sí sola no ofrece en el comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente.

2.2.6 Parámetros Volumétricos.

(Estas bases teóricas son de SCT, IMT 2005. P.T. N° 271)

Un factor que debe ser tomado en cuenta al considerar el comportamiento de la mezcla asfáltica, es el de las proporciones volumétricas de la mezcla asfáltica, el cual juega un rol significativo en muchos procedimientos de diseño de mezclas.

Las propiedades volumétricas de una mezcla de pavimento compactado (vacíos de aire (V_a); vacíos en el agregado mineral (V_{AM}); vacíos llenados con asfalto (V_{FA}); y contenido de asfalto efectivo (P_{be}) proporcionan una indicación del probable funcionamiento de la mezcla asfáltica. Es necesario entender las definiciones y los procedimientos analíticos descritos en este capítulo, para tomar decisiones concernientes a la selección del diseño de mezclas asfálticas. La información aplica tanto a mezclas elaboradas en laboratorio, como a probetas asfálticas extraídas en el campo.

2.2.6.1 Definiciones.

El agregado mineral es poroso, y puede absorber agua y asfalto a un grado variable. Además, el cociente de absorción entre el agua y el asfalto varía con cada agregado. Los tres métodos para medir la gravedad específica del agregado toman estas variaciones en consideración. Estos métodos son, la gravedad específica neta, la aparente, y la efectiva:

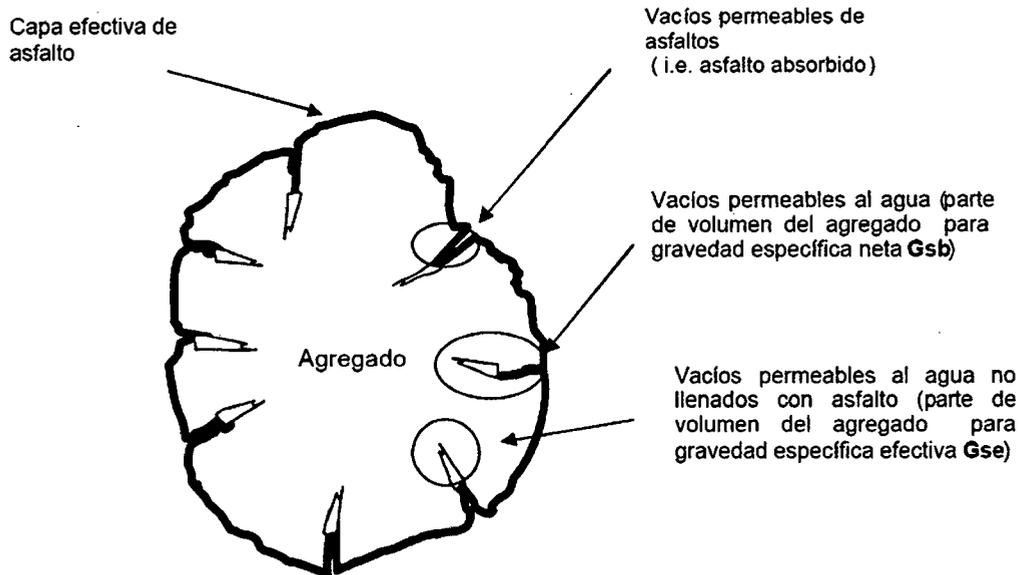


Figura 2.14. Ilustración de los parámetros de diseño volumétrico

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 271

Gravedad específica neta (G_{sb}).

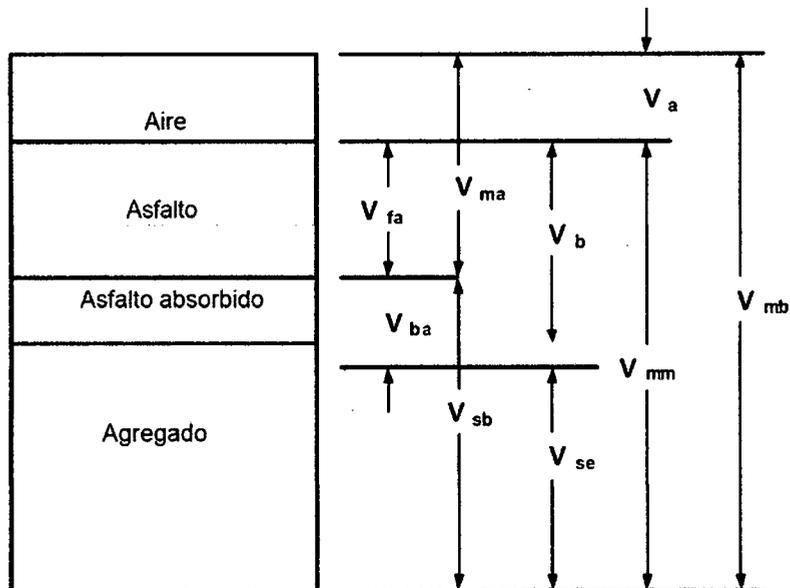
Proporción de la masa al aire de una unidad de volumen de un material permeable (incluyendo vacíos permeables e impermeables del material) a una temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura indicada (Figura 2.14).

Gravedad específica aparente (G_{sa}).

Proporción de la masa en aire de una unidad de volumen de un material impermeable a una temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura indicada (Figura 2.14).

Gravedad específica Efectiva (G_{se}).

Proporción de la masa en aire de una unidad de volumen de un material permeable (excluyendo vacíos permeables de asfalto) a una temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura indicada (Figura 2.14).



- V_{ma} = volumen de vacíos en agregado mineral
- V_{mb} = volumen total de la mezcla asfáltica
- V_{mm} = volumen de la mezcla asfáltica sin vacíos
- V_{fa} = volumen de vacíos llenados con asfalto
- V_a = volumen de vacíos de aire
- V_b = volumen de asfalto
- V_{ba} = volumen de asfalto absorbido
- V_{sb} = volumen de agregado mineral (gravedad específica de la masa)
- V_{se} = volumen de agregado mineral (gravedad específica efectiva)

Figura 2.15. Componente del diagrama de compactación de una MAC

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 271

Vacíos en el agregado mineral (VAM).

Volumen de espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado de una mezcla asfáltica compactada, que incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra (Figura 2.15).

Contenido de asfalto efectivo (P_{be}).

Contenido de asfalto total de una mezcla asfáltica, menos la proporción de asfalto absorbido en las partículas del agregado.

Vacios de aire (V_a).

Volumen total de una pequeña bolsa de aire entre las partículas cubiertas del agregado en una mezcla de pavimento compactado, expresado como el porcentaje del volumen neto de la mezcla del pavimento compactado (Figura 2.15).

Vacios llenados con asfalto (VFA).

Porción del porcentaje del volumen de espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado, que es ocupado por el asfalto efectivo. Se expresa como la porción de (VAM – V_a) entre VAM. (Figura 2.15).

El procedimiento de diseño de mezcla, calcula los valores de VAM para las mezclas de pavimento en términos de la gravedad específica neta de los agregados, G_{sb}.

Los vacíos en el agregado mineral (VAM) y vacíos de aire (V_a), se expresan como un porcentaje del volumen de la mezcla asfáltica. Los vacíos llenos de asfalto (VFA) son el porcentaje del VAM llenado con el asfalto efectivo.

Dependiendo de cómo se especifica el contenido de asfalto, el contenido de asfalto efectivo puede expresarse como un porcentaje de la masa total de la mezcla asfáltica, o como porcentaje de la masa del agregado de la mezcla asfáltica.

Debido a que el vacío de aire, VAM y VFA son cantidades de volumen; una mezcla asfáltica, primero debe ser diseñada o analizada sobre la base del volumen. Para propósitos de diseño, este acercamiento volumétrico puede ser fácilmente cambiado a valores de masas, para proveer una mezcla de diseño.

a) Gravedad Específica Neta del Agregado.

Cuando el agregado total consiste en fracciones separadas de agregado grueso; agregado fino; y filler, todos tienen diferentes gravedades específicas; la gravedad específica neta para el agregado total se calcula usando:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_N}{G_N}} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

G_{sb} = gravedad específica neta para el agregado total

- P_1, P_2, P_N = porcentajes individuales por masa de agregado
 G_1, G_2, G_N = gravedad específica neta individual del agregado

b) Gravedad Específica Efectiva del Agregado.

Cuando se basa en la gravedad específica máxima de una mezcla de pavimento, G_{mm} , la gravedad específica efectiva del agregado, G_{se} , incluye todos los espacios de vacíos en las partículas del agregado, excepto aquellos que absorben el asfalto. G_{se} se determina usando:

$$G_{se} = \frac{\frac{P_{mm} - P_b}{G_{mm} - G_b}}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

- G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado
- G_{mm} = gravedad específica máxima (ASTM D 2041/AASHTO T 209) de la mezcla del pavimento (sin vacíos de aire)
- P_{mm} = porcentaje de la masa del total de la mezcla suelta=100
- P_b = contenido de asfalto con el cual ASTM D 2041/AASHTO T 209 desarrolló el ensayo; el porcentaje por el total de la masa de la mezcla
- G_b = gravedad específica del asfalto

El volumen de asfalto absorbido por los agregados es casi invariablemente menor que el volumen de agua absorbida. Por tanto, el valor para la gravedad específica efectiva de un agregado debe estar entre su gravedad específica neta y su gravedad específica aparente. Cuando la gravedad específica efectiva sale de estos límites, su valor se debe asumir como incorrecto. El cálculo de la gravedad específica máxima de la mezcla mediante la ASTM D 2041/ASSHTO T 209; la composición de la mezcla en términos del contenido de agregado; y el total de asfalto se deben entonces, volver a inspeccionar para encontrar la causa del error.

c) Gravedad Específica Máxima de la Mezcla Asfáltica.

En el diseño de una mezcla asfáltica para un agregado dado, se necesitará la gravedad específica máxima, G_{mm} , para cada contenido de asfalto con el fin de calcular el porcentaje

de vacíos de aire para cada contenido de asfalto. Mientras que la gravedad específica máxima puede determinarse para cada contenido de asfalto mediante ASTM D 2041/ASSHTO T 209; la precisión del ensayo es mejor cuando la mezcla está cerca del contenido de asfalto de diseño. Además, es preferible medir la gravedad específica máxima por duplicado o triplicado.

Después de calcular la gravedad específica efectiva del agregado para cada gravedad específica máxima medida; y promediando los resultados del G_{se} , la gravedad específica máxima para cualquier otro contenido de asfalto puede obtenerse con la siguiente ecuación, la cual supone que la gravedad específica efectiva del agregado es constante, y ésta es válida puesto que la absorción del asfalto no varía apreciablemente con los cambios en el contenido de asfalto.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

- G_{mm} = gravedad específica teórica máxima de la mezcla del pavimento (sin vacíos de aire)
- P_{mm} = porcentaje de la masa del total de la mezcla suelta=100
- P_s = contenido de agregado, porcentaje del total de la masa de la mezcla
- P_b = contenido de asfalto, porcentaje del total de la masa de la mezcla
- G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado
- G_b = gravedad específica del asfalto

d) Absorción del Asfalto.

La absorción se expresa como un porcentaje de la masa del agregado, más que como un porcentaje del total de la masa de la mezcla.

La absorción del asfalto, P_{ba} , se determina mediante:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} + G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \times G_b \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

- P_{ba} = asfalto absorbido, porcentaje de la masa del agregado
- G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado
- G_{sb} = gravedad específica neta del agregado
- G_b = gravedad específica del asfalto

e) Contenido de Asfalto Efectivo.

El contenido de asfalto efectivo, P_{be} , de una mezcla de pavimento es el volumen total de asfalto, menos la cantidad de asfalto perdido por absorción dentro de las partículas del agregado. Es la porción del contenido total de asfalto que se queda como una capa en el exterior de la partícula del agregado y es el contenido de asfalto que gobierna el desempeño de una mezcla asfáltica. La fórmula es:

$$P_{be} = 100 \times \frac{P_b - (P_b - P_{ba})}{P_s} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

- P_{be} = contenido de asfalto efectivo, porcentaje de la masa total de la mezcla
- P_b = contenido de asfalto, porcentaje de la masa total de la mezcla
- P_{ba} = asfalto absorbido, porcentaje de la masa del agregado
- P_s = contenido de agregado, porcentaje total de la masa de la mezcla

f) Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral.

Los vacíos en el agregado mineral, VAM, se definen como el vacío intergranular entre las partículas del agregado en una mezcla asfáltica compactada, que incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total. El VAM puede calcularse sobre la base de la gravedad específica neta del agregado, y expresarse como un porcentaje del volumen mezcla asfáltica compactada. Por tanto, el VAM puede estimarse restando el volumen del agregado determinado por su gravedad específica neta, del volumen neto de la mezcla asfáltica compactada.

La composición de la mezcla se determina como el porcentaje del total de la masa de la mezcla asfáltica:

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

- VMA = vacíos en el agregado mineral (porcentaje del volumen neto)
- G_{sb} = gravedad específica neta del agregado
- G_{mb} =gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada (ASTM D 1188 O D 2726/AASHTO T 166)
- P_s = contenido de agregado, porcentaje total de la masa de la mezcla asfáltica

O, si la composición de la mezcla es determinada como el porcentaje de la masa del agregado:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 - P_b} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

- P_b = contenido de asfalto, porcentaje de la masa del agregado

g) Porcentaje de Vacíos de Aire (V_a).

Es la concentración, en volumen, del aire en la muestra de mezcla asfáltica compactada. Los vacíos de aire se expresan siempre como un porcentaje del volumen total de la mezcla.

$$V_a = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

- V_a = vacíos de aire en la mezcla compactada, porcentaje del volumen total
- G_{mm} = gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica
- G_{mb} =gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada

h) Porcentaje de Vacíos Llenos con Asfalto.

El porcentaje de los vacíos en el agregado mineral que son llenados por el asfalto, VFA, no incluyendo el asfalto absorbido, se determina usando:

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - V_a}{VMA} \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

VFA = vacíos llenados con asfalto, porcentaje de VAM

VAM = vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen total

V_a = vacíos de aire en mezclas compactadas, porcentaje del volumen total

2.2.7 Selección del Diseño Final.

La selección del diseño final de la mezcla es usualmente la más económica y cumple satisfactoriamente con todos los criterios establecidos. De cualquier forma, la mezcla no deberá ser diseñada para optimizar una propiedad en particular.

Mezclas con valores altos anormales de estabilidad son frecuentemente menos deseables debido a que pavimentos con ese tipo de mezclas tienden a ser menos durables, o pueden fracturarse prematuramente bajo altos volúmenes de tránsito.

Esta situación es bastante crítica cuando los materiales de la base y terreno natural son débiles y permiten deflexiones de moderadas a relativamente altas con el tránsito actual.

La selección del contenido óptimo debe ser un compromiso de optar por balancear de todas las propiedades de la mezcla. Normalmente, los criterios de diseños de mezclas producirán un rango limitado de contenidos aceptables de asfaltos que pasen todos los lineamientos.

La selección del contenido de asfalto puede ajustarse en este rango limitado para lograr propiedades de la mezcla que puedan satisfacer los requerimientos de un proyecto en especial; algunas propiedades serán más críticas, que otras y dependerán de circunstancias del diseño, como puede ser el tránsito, la estructura, el clima, el equipo de construcción y otros factores. Más allá, el proceso de balanceo no es el mismo para cada pavimento ni para cada diseño de mezcla.

Hay algunas consideraciones en el ajuste que deben ser evaluadas antes de establecer el diseño final del contenido de asfalto (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246):

2.2.7.1 Evaluación de la Curva VMA.

En muchos casos, lo más difícil en el diseño de mezclas es lograr un mínimo de vacíos en el agregado mineral. El acierto es proporcionar suficiente espacio para el asfalto y se produzca una adhesión adecuada para ligar las partículas de agregado cuando las temperaturas se incrementen y el asfalto se expanda. Normalmente, la curva exhibe una

forma de “U” alargada, decreciendo a un valor mínimo para después incrementar se con el aumento de contenido de asfalto Figura 2.16a.

Esta dependencia del VMA sobre el contenido de asfalto, parece ser una contradicción a la definición. Uno puede esperar que el VMA se mantenga constante con la variación del contenido de asfalto, pensando que los vacíos de aire simplemente serán desplazados por el cemento asfáltico. En realidad, el volumen total cambia a través de la línea del contenido del asfalto; la adopción de una unidad constante de volumen no es correcta. Con el incremento en el asfalto, la mezcla realmente se vuelve más manejable y se puede compactar más fácilmente; mediante más peso, se puede comprimir en un menor volumen. Por consiguiente, la densidad de masa de la mezcla se incrementa cuando el VMA disminuye.

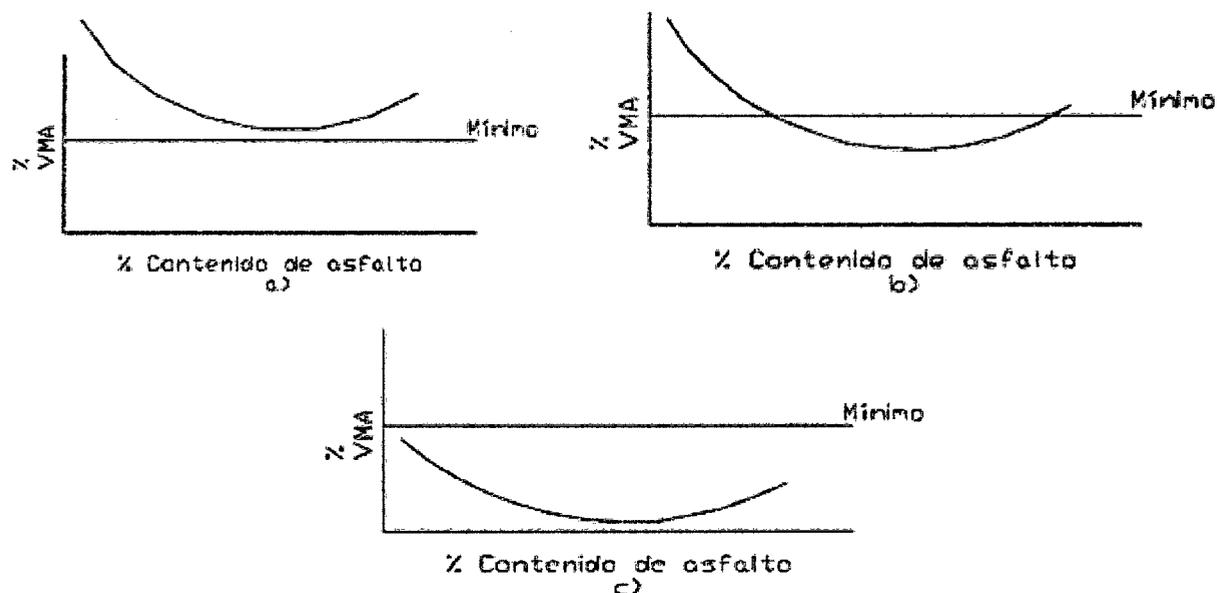


Figura 2.16. Relación entre VMA y límite de especificación

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 246

En algunos puntos donde el contenido de asfalto aumenta (el fondo de la curva en forma de U), el VMA empieza a incrementarse porque relativamente el material es más denso (agregado) y está siendo desplazado y empujado separadamente por el material menos denso (cemento asfáltico). Se recomienda que los contenidos del asfalto en el lado húmedo o derecho creciente de la curva VMA se eviten, aunque el mínimo de vacíos de aire y el criterio de VMA cumplieran. El diseño de contenidos de asfalto en este rango tiene tendencia a expandirse y/o exhibir flujo plástico cuando está colocado en el campo.

Cualquier cantidad de compactación adicional por el tráfico lleva a una fase inadecuada de expansión del asfalto, a la pérdida del contacto agregado-agregado y eventualmente al desgaste en las áreas de alto tráfico. Idealmente, el diseño del contenido de asfalto se recomienda seleccionarse un poco a la izquierda del punto bajo de la curva VMA, con tal que ninguno de los otros criterios de mezcla sean violados.

En algunas mezclas, el fondo de la curva VMA, en forma de U es muy plana, significando que las mezclas compactadas no son tan sensibles al contenido del asfalto en este rango como algunos otros factores. En el rango normal de los contenidos de asfalto, la compatibilidad es más influenciada por las propiedades de los agregados. De cualquier forma, en algún punto la cantidad de asfalto será crítico para el comportamiento de la mezcla y el efecto del asfalto dominará drásticamente los incrementos de VMA.

Cuando el fondo de la curva VMA en forma de U cae por debajo del nivel del criterio mínimo requerido para el tamaño del agregado máximo nominal de la mezcla (Figura 2.16b); ésta es una indicación de que se necesitará realizar cambios en las fórmulas de trabajo.

Específicamente, la granulometría del agregado debe modificarse para proporcionar un VMA adicional. El diseño del contenido del asfalto no debe ser seleccionado en los extremos del rango aceptable, aunque el criterio mínimo sea conveniente. Sobre el lado izquierdo, la mezcla puede ser muy seca, propensa a la segregación, y podría tener un alto porcentaje de vacíos de aire. En el lado derecho se espera que sufra deformaciones.

Si el criterio mínimo de VMA es completamente violado por encima de todo el rango del contenido del asfalto (la curva está completamente por debajo del mínimo Figura 2.16c), se justifica una importante redeterminación y/o cambio en las fuentes del material. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

2.2.7.2 Efecto del Nivel de Compactación.

Con el mismo contenido de asfalto, tanto los vacíos de aire (V_a), como los vacíos en el agregado mineral (VMA) disminuyen con el esfuerzo más alto compactado.

Para una mejor ilustración, se utilizarán los tres niveles de compactación Marshall y tres números de giros, de acuerdo con la especificación Superpave. Como se muestra en la Fig. 1.17a, no sólo cambia las magnitudes de los valores, sino que el valor del contenido de asfalto varía en el mínimo VMA. Si una mezcla es determinada un poco a la izquierda del mínimo VMA en un nivel de compactación de 50 golpes o 150 giros y en el pavimento actualmente pasa un tráfico pesado mayor al esperado (cerca del nivel de determinación de

75 golpes o 174 giros); entonces, el mismo contenido de asfalto ahora se configura en el lado derecho o mojado del punto mínimo de VMA para una mezcla determinada, usando compactación de 75 golpes o 174 giros. Finalmente, el resultado será una mezcla susceptible a desgastarse.

Este escenario puede también trabajar en la dirección opuesta. Si una mezcla, determinada en un nivel de compactación de 75 golpes o 174 giros como se muestra en la Figura 2.17b, se sitúa en un pavimento con mucho menor volumen de tránsito, entonces el porcentaje final de vacíos de aire (V_a) puede ser considerablemente más alto de lo planeado. Esta condición podría llevar a una mezcla más abierta (permeable), permitiendo que el aire y el agua pasen a través de ella fácilmente. El resultado de esta situación es una mezcla que endurece prematuramente; se vuelve frágil y quebradiza a una edad temprana o el agregado se entrelaza fuera de la mezcla debido a la pérdida de adherencia del asfalto. Esta condición puede llevar al desprendimiento de partículas.

Por esta razón, es importante que el esfuerzo de compactación empleado en el laboratorio simule el diseño del tránsito esperado para el pavimento. También la mezcla debe construirse con el equipo de compactación adecuado, a fin de producir una densidad inicial adecuada e indiferente a las condiciones climáticas.

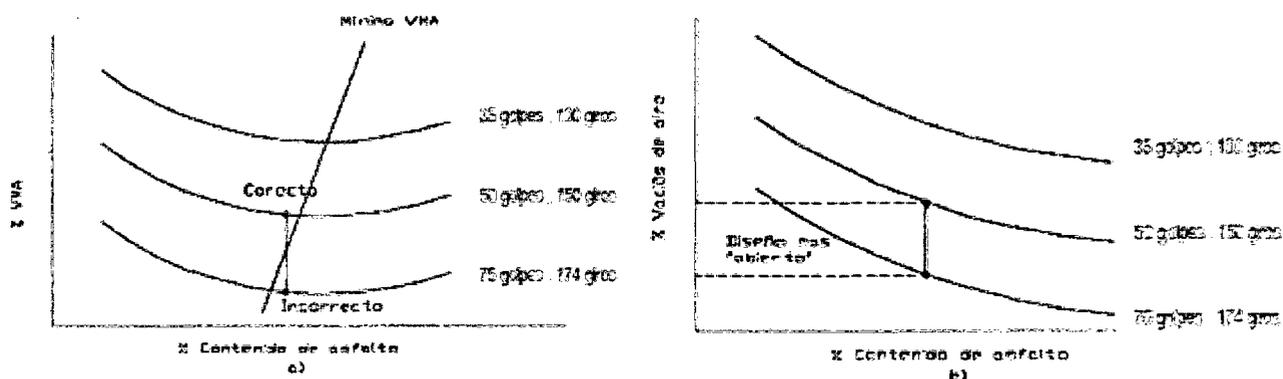


Figura 2.17. Efecto de los esfuerzos de compactación Marshall en VMA y V_a

Fuente: SCT, IMT, Publicación Técnica N° 246

Esto es importante para notar que el criterio de la VMA no cambia se basa en el nivel de compactación. Los argumentos para tener suficiente VMA (manteniendo espacio para el asfalto y vacíos de aire) son consistentes sin tomar en cuenta el nivel de tránsito para el cual la mezcla está diseñándose. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

2.2.7.3 Efecto de los Vacíos de Aire.

Debe enfatizarse que la determinación del rango de los vacíos de aire (3 a 5 %) es el nivel deseado después de varios años de tránsito. Esta meta no varía con el tránsito; se supone que el esfuerzo de compactación de laboratorio es seleccionado para el volumen vehicular esperado. Esta determinación del rango de los vacíos de aire, normalmente se logra si la mezcla se diseña con el correcto esfuerzo de compactación y el porcentaje de los vacíos después de la construcción de encuentra entre 6 y 8 %, ya que se espera un poco de consolidación con el tránsito.

El resultado de un cambio en cualquier factor, o cualquier desvío en el procedimiento que compensa el proceso total será una pérdida de desempeño o vida de servicio. Se han observado mezclas que finalmente consolidan con el 3 % de vacíos, aunque puede esperarse que haga roderas si se coloca en situaciones de tránsito pesado. Varios factores pueden contribuir a este incidente, como un incremento arbitrario o accidental en el contenido del asfalto mezclado con facilidad o un incremento en la cantidad de partículas finas que pasan los 75 μ (malla No 200) más allá del tamiz que se usa en el laboratorio, la cual podría aumentar el contenido óptimo de asfalto.

Similarmente, pueden ocurrir problemas si el contenido final de vacíos de aire está por encima del 5%, o si el pavimento se construye con más del 8% de vacíos de aire inicial. Quebradizo, agrietamiento prematuro, desgaste y desprendimiento son algunas de las posibilidades bajo estas condiciones.

El objetivo global es limitar los ajustes del diseño del contenido de asfalto a menos de 0.5% de vacíos de aire de la media del criterio de diseño (4%), especialmente en la parte baja del rango; y para verificar que la mezcla de la planta se parezca exactamente a la elaborada en el laboratorio. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

2.2.7.4 Efecto de los Vacíos Llenos de Asfalto.

Aunque VFA, VMA y V_a , están interrelacionadas y sólo dos de los valores se requieren para resolver los restantes, tomando el criterio VFA ayuda a prever el diseño de mezclas con un VMA de marginal a aceptable. El efecto principal del criterio de VFA es que limita los niveles máximos de VMA y subsecuentemente, los niveles máximos de contenido de asfalto.

El VFA también restringe el contenido de aire permitido para mezclas cercanas al criterio mínimo de VMA. Mezclas diseñadas para volúmenes de tráfico bajos, no pasarán el criterio de VFA con un porcentaje de vacío relativamente alto (5%), aunque el criterio de

vacíos de aire se cumpla. El propósito es evitar mezclas menos durables en situaciones de tránsito ligero.

Las mezclas diseñadas para tránsito pesado no pasarán el criterio VFA con un bajo porcentaje de vacíos (menor de 3.5%), aunque los vacíos sean aceptados dentro del rango. Porque un bajo contenido de vacíos suele ser muy crítico en términos de deformación permanente. El criterio VFA ayuda a evitar mezclas que puedan ser susceptibles a roderas en situaciones de alto tráfico.

El criterio VFA provee un factor de seguridad adicional en el diseño y proceso de construcción en términos de su desempeño; desde que puedan ocurrir cambios entre la etapa de diseño y la construcción, el incremento en el margen de error es aceptable. (SCT, IMT 2006. P.T. N° 246)

2.3 Definición de Términos Básicos

(Estas bases teóricas son del MTC, DGCF 2000)

Cantera. Lugar en el que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclada en mayor ó menor cantidad con material fino, como la arena o la arcilla, resultando en diferentes combinaciones; por ejemplo arcilla gravosa, arena gravosa, grava arcillosa, grava arenosa, etc.

Agregado. Un material granular duro de composición mineralógica, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado Angular. Son aquellos que poseen bordes bien definidos formados por la intersección de caras planas rugosas.

Agregado de Gradación Abierta. Agregado que contiene poco o ningún relleno mineral, y donde los espacios de vacíos en el agregado compactado son relativamente grandes.

Agregado de Gradación Fina. Agregado cuya gradación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan estas últimas.

Agregado de Gradación Gruesa. Agregado cuya gradación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan los tamaños gruesos.

Agregado Densamente Gradado. Agregado con una distribución de tamaños de partícula tal que cuando es compactado, los vacíos que resultan entre las partículas, expresados como un porcentaje del espacio total ocupado, son relativamente pequeños.

Agregado Fino. Agregado que pasa el tamiz de 6.4 mm (N°4).

Agregado Grueso. Agregado retenido en el tamiz de 6.4 mm (N°4).

Muestreo. Investigación de suelos, materiales, etc., con la finalidad de su mejor empleo y utilización.

Abrasión. Desgaste mecánico de agregados gruesos y rocas resultante de la fricción o impacto dentro de la maquina denominada LOS ANGELES, la que rota alrededor de su eje.

Asfalto. Un material cementante, entre carmelita oscuro y negro, en el cual los constituyentes predominantes son bitúmenes que aparecen en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleo. El asfalto es un constituyente, en proporciones variables, de la mayoría de los petróleos crudos.

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

Malla. La abertura cuadrada de un tamiz.

Tamiz. Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

Agregados Naturales. Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, con muy poco o ningún procesamiento. (Crespín et al. 2012)

Agregados de Trituración. Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales de canteras cuyas propiedades físicas sean adecuadas. (Crespín et al. 2012)

Acopio. Lugar donde se encuentran almacenados los materiales extraídos y procesados. (Alvarado 2011)

Tamaño Máximo Nominal. un tamaño de malla mayor a la primera malla que retiene el 10% del material. (SCT, IMT 2206, PT N° 271)

Tamaño Máximo. un tamaño de malla mayor al tamaño máximo nominal. (SCT, IMT 2206, PT N° 271)

Polvo Mineral. Porción de los áridos finos que pasa por el tamiz N° 200. (MTC, DGCF 2013)

Mezcla Aplicada en Caliente. Mezclas en instalación mezcladora que deben extenderse y compactarse mientras aún están calientes. Los pavimentos asfálticos de mejor calidad se construyen empleando este tipo de mezclas. (Velásquez 1973)

Filler Mineral. Producto mineral finamente dividido del que al menos el 65% pasa por el tamiz N° 200. La piedra caliza pulverizada es el filler más frecuentemente empleado,

aunque pueden utilizarse también otros polvos de piedra, sílice, cal apagada, cemento portland y algunas sustancias minerales naturales muy finas. (Velásquez 1973)

Absorción. Es el incremento en masa del agregado debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un período de tiempo preestablecido, pero no incluye el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresada como un porcentaje de la imasa seca. (SCT, IMT 2006, PT N° 299)

Secado al horno (SH). Adjetivo relativo a las partículas de agregado. Es la condición en la cual los agregados han sido secados por calentamiento en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante el tiempo suficiente para alcanzar una masa constante. (SCT, IMT 2006, PT N° 299)

Saturado y superficialmente seco (SSS). adj. relativo a las partículas de agregado. Es la condición en la cual los poros permeables de la partícula del agregado son llenados con agua llevado a cabo por inmersión en agua durante el periodo de tiempo prescrito, pero sin agua libre en la superficie de las partículas. (SCT, IMT 2006, PT N° 299)g

Densidad. Es la masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico). (SCT, IMT 2006, PT N° 299)

Densidad (SH). Es la masa del agregado secado al horno por unidad de volumen de partículas de agregado, incluyendo el volumen de los poros internos permeables e impermeables de la partícula, pero no incluyen los vacíos entre las partículas. (SCT, IMT 2006, PT N° 299)

Densidad (SSS). Es la masa del agregado saturado superficialmente seco por unidad de volumen de las partículas de agregado, incluyendo el volumen de los poros impermeables y los vacíos llenados con agua, pero no incluye los poros entre las partículas. (SCT, IMT 2006, PT N° 299)

Densidad aparente. Es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de agregado. (SCT, IMT 2006, PT N° 299)

Densidad relativa (Gravedad específica). Es la relación de la densidad de un material a la densidad el agua destilada a una temperatura conocida; los valores son adimensionales. (SCT, IMT 2006, PT N° 299)

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación Geográfica donde se Realizó la Investigación

La investigación se realizó entre los meses de Agosto y Noviembre del 2014 en los laboratorios de la empresa CESEL S.A. encargada de supervisar la obra: “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Km. 309+700 al Km. 386+214.70”.

La obra se encuentra ubicada entre las provincias de Abancay y Andahuaylas y corresponde al tramo VII de la ruta Ayacucho – Abancay.

Los materiales que se han utilizado para la investigación, son los mismos que vienen siendo utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente en la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000. La MAC que se viene produciendo está compuesto por áridos pétreos (agregado grueso ¾” y agregado fino), cemento asfáltico, filler mineral (cal hidratada) y la incorporación de un aditivo mejorador de adherencia (MORLIFE 5000).

3.1.1 Agregados Minerales

El agregado mineral que se ha utilizado en la investigación, proviene de la cantera Ccotaquite, ubicada al lado derecho del km. 309+700 de la Carretera “Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío. Kishuara – Puente Sahuinto”, a un acceso de 10.60 km y a una altitud de 4000 m.s.n.m.

De la cantera Ccotaquite se han preparado piedra chancada de tamaño máximo ¾”, arena chancada y arena natural zarandeada lavada; el material integral ha sido necesario zarandearlo para procesar el material mayor de 2” y obtener la piedra chancada y arena chancada.

Para garantizar que los agregados minerales (piedra ¾”, arena chancada y arena natural), utilizados en la investigación para la elaboración de la MAC cumplen con las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013, se han efectuado ensayos de laboratorio para conocer sus propiedades.

Los ensayos de los agregados minerales se adjuntan en el Anexo A, B y han sido realizados por la empresa CESEL S.A.

Tabla 3.1. Datos Generales de la Cantera Ccotaquite

Ubicación	Km 309+700
Acceso	Lado derecho de la vía Ayacucho – Abancay – Cusco a 10.6 km del inicio del tramo
Propietario	Municipalidad Distrital de Kishuara
Periodo de Explotación	Todo el año. (*)
Altura de Explotación	10 metros aproximadamente
Cobertura vegetal	0.60m. aproximadamente
Material	Grava arcillosa, clasificación SUCS: GC
Origen	Depósito de morrena glacial
Forma	Subangulosa
Color	Gris
Textura	Ligeramente rugosa
Dureza	Alta
Tamaño máximo	0.40 m

(*)La extracción y explotación se realizará con tractor de oruga, excavadora y cargador frontal

Fuente: CESEL S.A., Supervisor en la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto

3.1.1.1 Características de los agregados minerales

Las características más importantes que se han evaluado en los agregados minerales y cuyos ensayos son presentados en el anexo A, B, son los siguientes:

Granulometría	(Agregado grueso y fino)
Límite Líquido	(Agregado fino natural)
Durabilidad	(Agregado grueso y fino)
Índice de Durabilidad	(Agregado grueso y fino)
Equivalente de Arena	(Agregado fino)
Abrasión	(Agregado grueso y fino)
Partículas Chatas y Alargadas	(Agregado grueso)
Caras Fracturadas	(Agregado grueso y fino)
Sales Solubles	(Agregado grueso y fino)
Gravedad Específica	(Agregado grueso y fino)
Angularidad del Agregado Fino	(Agregado fino)
Peso Unitario	(Agregado grueso y fino)
Ensayo de Adhesividad	(Agregado combinado)
Adherencia al Agregado-Bitumen	(Agregado combinado)
Materiales deletéreos	(Agregado combinado)

El resultado de las propiedades de los agregados minerales se encuentra en la tabla 3.2, 3.3. y 3.4.

Tabla 3.2. Características de los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento		Resultados Obtenidos	Condición
		Altitud (m.s.n.m.)			
		< 3'000 msnm	> 3'000 msnm		
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	10% máx.	4,55%	Cumple
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		18 máx.	15% máx.	-	-
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.	12,2%	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.	83,5%	Cumple
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.	9,2%	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	85/80	85/80	96,8/92.3	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5 máx.	0,061%	Cumple
Absorción	MTC E 206	1.00%	Según Diseño	0,88%	Cumple
Adherencia	MTC E 519		+95	+95	Cumple

Tabla 3.3. Características de los agregados Finos (Arena Natural Lavada)

Ensayos	Norma	Requerimiento		Resultados Obtenidos	Condición
		Altitud (m.s.n.m.)			
		< 3'000	> 3'000		
Equivalente de Arena	MTC E 209			67,7%	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222			40,4%	Cumple
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.	6%	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP	NP	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.	75,0%	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.	0,08%	Cumple
Absorción	MTC E 205	0,50%	Según diseño	0,88%*	Cumple

*Mayor porcentaje de absorción requerirá mayor contenido de asfalto.

Referente al parámetro Índice de Plasticidad (malla N°200), obtenidos para la arena chancada pasante de la malla N°4, el material presenta un IP de 2,0 %, por lo que ha sido necesario efectuar previamente a la producción, un procesamiento de lavado del material

integral, a partir del cual se obtuvo resultados NP (No Plástico), según se reporta en los ensayos de control de calidad adjuntos al presente documento (Anexo B) y presentados en la tabla 3.4. En estas condiciones, el resultado de Índice de Plasticidad (malla N°200), para la combinación de áridos reporta un valor de NP (No Plástico).

Tabla 3.4. Características de los agregados Finos (Arena Chancada Lavada)

Ensayos	Norma	Requerimiento		Resultados Obtenidos	Condición
		Altitud (m.s.n.m.)			
		< 3000	> 3000		
Equivalente de Arena	MTC E 209			72,6%	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222			43,3%	Cumple
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.	6%	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP	NP	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.	77,5%	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.	0,47%	Cumple
Absorción	MTC E 205	0,50%	Según diseño	0,86%*	Cumple

*Mayor porcentaje de absorción requerirá mayor contenido de asfalto.

3.1.2 Ligante Bituminoso para la mezcla asfáltica en caliente

En la investigación se usó el cemento asfáltico PEN 120/150 procedente de la refinería de la pampilla (Repsol), el cual viene utilizándose para la preparación de la mezcla asfáltica en caliente del Tramo VII: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000, cuyas características, se presentan en el Anexo C, en el cual se muestra el reporte de análisis del cemento asfáltico proporcionado por Repsol.

Para los tipos de cemento asfáltico PEN 120-150 utilizados en este trabajo de investigación, los requerimientos de calidad son:

Tabla 3.5. Reporte de análisis del Cemento Asfáltico

Propiedades	Métodos	
	ASTM/OTROS	
PENETRACIÓN		
Penetración a 25 °C, 100 g. 5 s., 1/10 mm	D 5/AASHTO T 49	133
DUCTILIDAD		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113/AASHTO T 51	> 105
VOLATILIDAD		
Gravedad Específica a 15.6 °C	D 70/AASHTO T 228	1,0118
Punto de Inflamación, °C	D 92/AASHTO T 48	302
Gravedad API	D 70/AASHTO T 228	8,3
FLUIDEZ		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	43,5
Viscosidad Cinemática a 100 °C, cSt	D 445	1'392
Viscosidad Cinemática a 135 °C, cSt	D 113/AASHTO T 51	200
ENSAYO DE PELÍCULA FINA		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754/AASHTO T 179	0,15
Penetración retenida, 100g., 5 s.,1/10 mm, % del original	D 5/AASHTO T 49	57,1
Ductilidad del Residuo a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113/AASHTO T 51	143,4
SOLUBILIDAD		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042/AASHTO T 44	99.91
OTROS		
Índice de penetración	UNE 104.281/1-5	0,3
Ensayo de la mancha Spot Test	AASHTO T 102	35% xileno, negativo

*Observaciones: Producto cumple con las especificaciones ASTM D946/D946M-09a, AASHTO M 20-70 (2004) y NTP 321.051 2002

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos – CECEL S.A. (Anexo C)

Al respecto, se verificó que los resultados presentados del producto cemento asfáltico PEN 120-150, presentados en la tabla 3.5 (anexo C), reportados por el fabricante Repsol, así como sus respectivas cartas viscosidad – temperatura, satisfacen las especificaciones técnicas presentadas en las tablas 2.4. y 2.5.

3.1.3 Filler o relleno mineral

El filler o relleno mineral que se utilizó en la investigación está compuesto en este caso por cal hidratada, que es el material que viene utilizándose para la producción de mezcla asfáltica en caliente del Tramo VII: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000, la cual satisface la norma AASHTO M-303 y lo indicado en la sección 423. Filler Mineral (Cal Hidratada) de las especificaciones técnicas EG-2013.

El filler mineral tiene un papel fundamental en el comportamiento de la mezcla asfáltica debido a que forma parte del esqueleto mineral soportando las tensiones por rozamiento interno o por contacto entre las partículas; su función principal es la de rellenar los vacíos del esqueleto de agregados gruesos y finos, impermeabilizando y densificando el esqueleto mineral, aumentando así la estabilidad del conjunto.

Las características granulométricas y químicas de la cal hidratada que se utilizó para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente provienen de la Industria Minera Calera y son presentadas en el la tabla 3.6. y 3.7..

Tabla 3.6. Características mecánicas de la cal hidratada

ENSAYOS	NORMA	RESULTADOS
Gravedad específica (g/cm ³)	ASTM C-110	2,262
Malla N°6		0,06
Malla N°10	AASHTO T-219-	0,14
Malla N°30	87	0,39
Malla N°200		-

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos – CECEL S.A. (Anexo D)

Tabla 3.7. Características químicas de la cal hidratada

ENSAYOS	RESULTADOS
1.- Contenido de cal activa Porcentaje en peso de Ca(OH) ₂ más CaO	74,5
2.- Contenido de cal no hidratada Porcentaje en peso de CaO	0,0
3.- Contenido de agua libre Porcentaje en peso H ₂ O	1,9

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos – CECEL S.A. (Anexo D)

La determinación del porcentaje de cal a utilizar en los respectivos diseños, ha sido analizada a partir de la aplicación de la Norma ASTM D 1559 – Ensayo de Estabilidad Retenida, con la finalidad de establecer la pérdida de resistencia que sufre la mezcla asfáltica después de su inmersión en agua por 24 horas para diferentes porcentajes de cal; se indica que si bien las especificaciones técnicas del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000, señalan un requerimiento mínimo de 70%, las Especificaciones Técnicas Generales EG-2013, señalan un requerimiento mínimo de 75%, por lo que en la presente investigación y con la finalidad de asegurar la durabilidad de la mezcla en las condiciones climáticas en la cual se evaluarán las mezclas asfálticas en caliente, consideramos adecuado utilizar un requerimiento mínimo de 75%, con lo que se obtiene un porcentaje de cal hidratada de 1.0%.

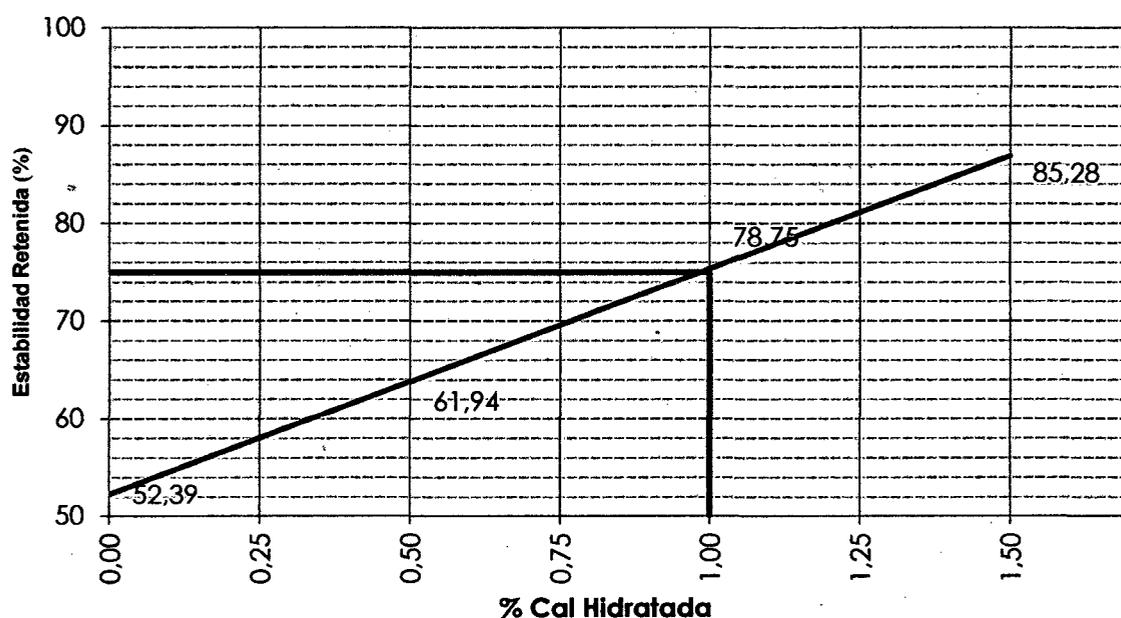


Figura 3.2. Estabilidad Retenida VS % de Cal Hidratada

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos – CECEL S.A. (Anexo F)

El porcentaje de 1% de cal hidratada determinado para los diseños teóricos, corresponde al porcentaje indicado en el Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000.

Así mismo, se ensayaron probetas sin aditivo y con diferentes porcentajes de cal hidratada: 0.5%, 1.0% y 1.5%, para evaluar el comportamiento de la mezcla en el ensayo de

resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta Norma ASTM D 4867 (AASHTO T 283); los resultados obtenidos se muestran a continuación:

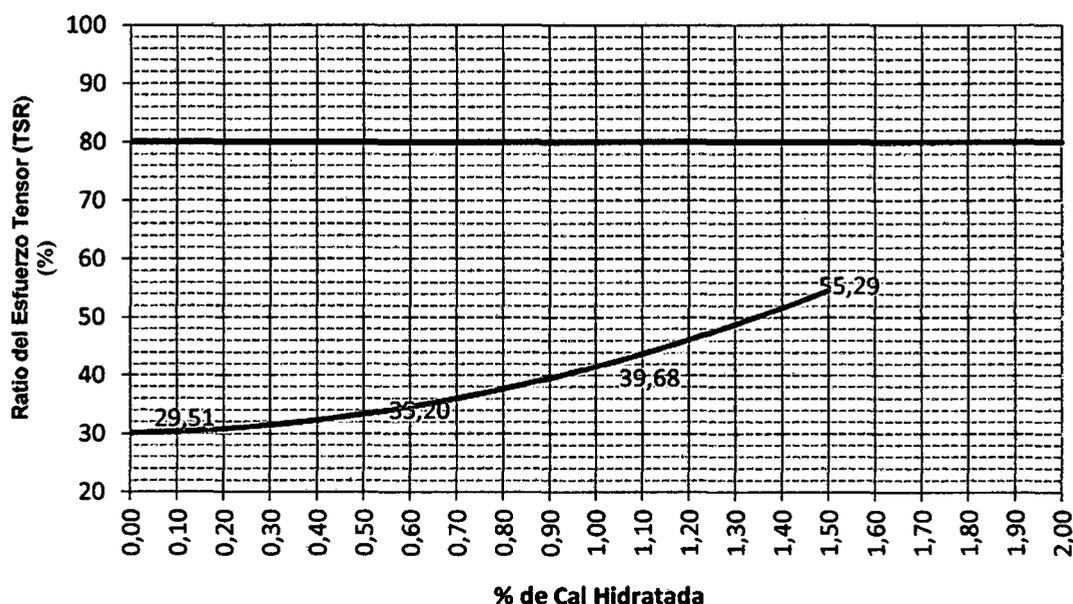


Figura 3.3. TSR vs % de Cal Hidratada - Sin Aditivo con Cal

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos – CECEL S.A. (Anexo F)

Estos resultados muestran que las probetas ensayadas sin aditivo y con diferentes porcentajes de cal: 0.5%, 1.0% y 1.5%, no se alcanza el valor mínimo de 80% mínimo de resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta Norma ASTM D 4867 (AASHTO T 283), por lo que es necesario evaluar el comportamiento de la mezcla mediante la adición de aditivo mejorador de adherencia, para el porcentaje de 1% de cal hidratada determinado mediante Norma ASTM D 1559 – Ensayo de Estabilidad Retenida.

3.1.4 Aditivo mejorador de adherencia

Para el siguiente tema de investigación se usó el aditivo mejorador de adherencia MORLIFE 5000 (QUÍMICA SUIZA INDUSTRIA), el cual viene utilizándose para la preparación de la mezcla asfáltica en caliente del Tramo VII: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000.

La determinación del porcentaje de aditivo a utilizar en los respectivos diseños, ha sido analizada a partir de la aplicación de la Norma ASTM D 4867 (AASHTO T 283)– Método Estándar para determinar el efecto de la humedad en las Mezclas de Concreto Asfáltico,

con la finalidad de establecer la pérdida de resistencia que sufre la mezcla asfáltica después de su inmersión en agua para diferentes porcentajes de aditivo Morlife 5000; se indica que si bien las especificaciones técnicas del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, Tramo Desvío Kishuara – Puente Sahuinto, Sector I: Km. 309+700 – Km. 359+000, señalan un requerimiento mínimo de 70%, las Especificaciones Técnicas Generales EG-2013, señalan un requerimiento mínimo de 80%, por lo que en la presente investigación y con la finalidad de asegurar la durabilidad de la mezcla en las condiciones climáticas en la cual se evaluarán las mezclas asfálticas en caliente, se ha considerado adecuado utilizar un requerimiento mínimo de 80%, con lo que se obtiene, un porcentaje de aditivo de 0.75%; lo ensayos fueron efectuados para un contenido de cal de 1%, según se determinó mediante el ensayo de estabilidad retenida (Norma ASTM D – 1559).

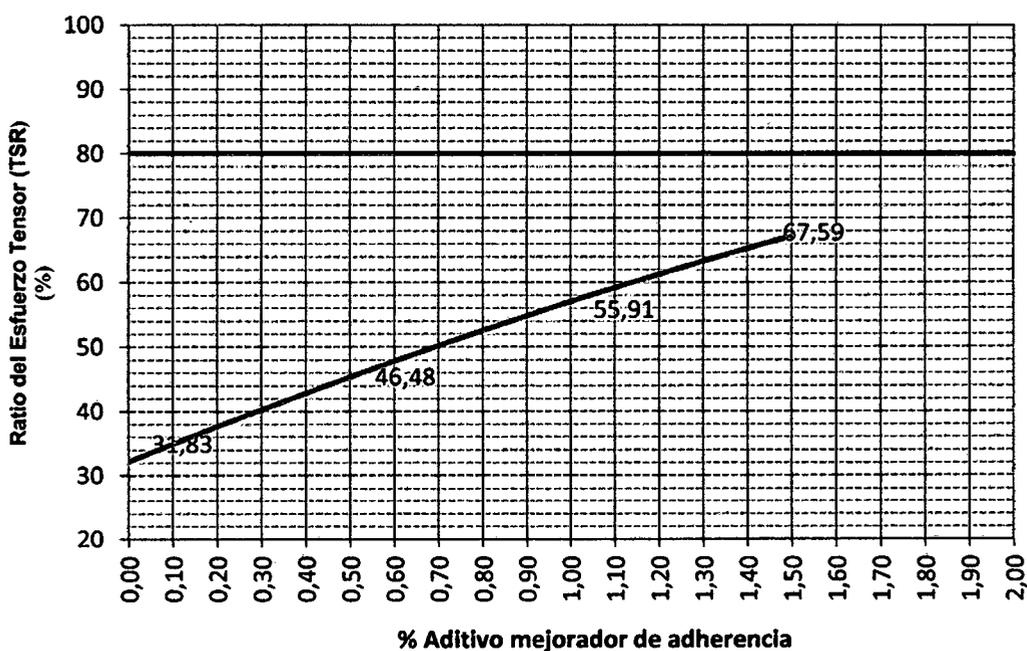


Figura 3.4. TSR vs % de Aditivo Morlife 5000- Sin Cal

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos – CECEL S.A. (Anexo F)

Estos resultados muestran que las probetas ensayadas sin cal y con diferentes porcentajes de aditivo: 0.5%, 0.75% y 1.0%, no se alcanza el valor mínimo de 80% mínimo de resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta Norma ASTM D 4867 (AASHTO T 283), por lo que es necesario evaluar su comportamiento mediante la adición de cal hidratada.

Los resultados obtenidos en las probetas ensayadas con cal y con aditivo para el 1% de cal hidratada y 0.50% y 1.0% de aditivo mejorador de adherencia se presentan a continuación:

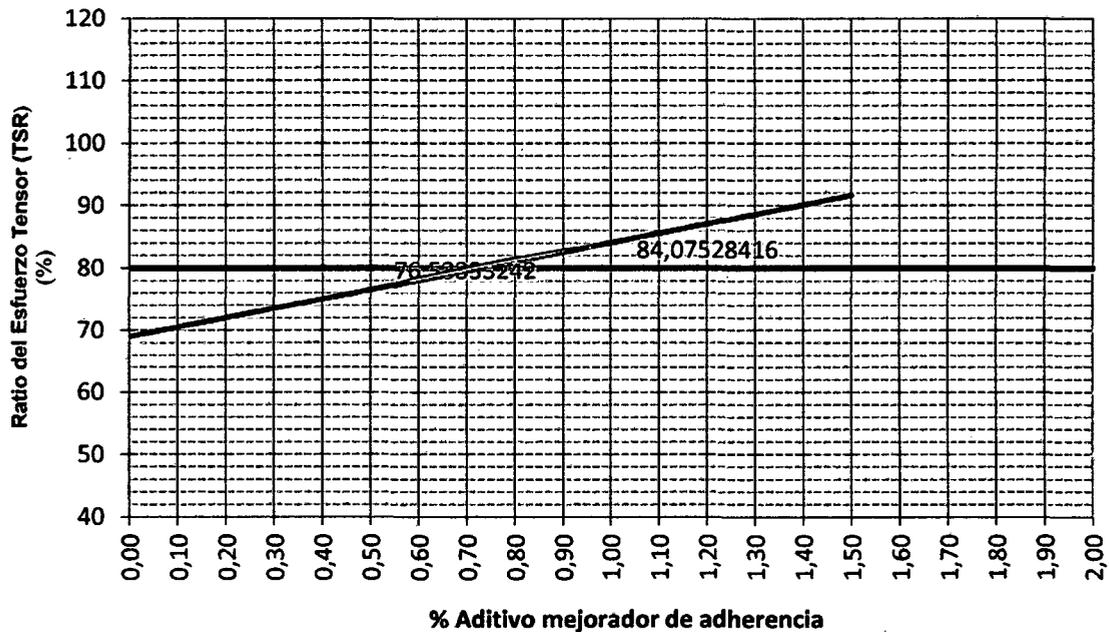


Figura 3.5 TSR vs % de Aditivo y Cal Hidratada 1%

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos – CECEL S.A. (Anexo F)

Según los resultados obtenidos, para un valor mínimo de 80% de resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta Norma ASTM D 4867 (AASHTO T 283), se requiere utilizar un porcentaje de 0.75% de aditivo mejorador de adherencia. El proyecto consideró un porcentaje de 0.5%.

La utilización de aditivo Morlife 5000, satisface el requerimiento contenido en la Sección 424.02 de las especificaciones Técnicas del proyecto, para los aditivos tipo amina; la certificación de calidad emitida por el fabricante del aditivo Morlife 5000, indica un valor de 573.2 Amina/Valor base lo cual es adecuado.

La certificación de calidad del producto, se encuentra contenida en el Anexo E.

3.2 Procedimiento

3.2.1 Diseño de Mezclas Asfáltica en Caliente Utilizando el Método Marshall

El procedimiento se desarrolló de acuerdo a la Norma MTC E 504, basado en las normas ASTM D 1559, AASHTO T 245 y NLT 159/88.

Una mezcla asfáltica se puede presentar según su tamaño máximo, por ejemplo mezcla de 1 pulg indica que su tamaño máximo es de una pulgada y que dicho material pasará por

completo el tamiz de 1 pulg ó según su tamaño máximo nominal, que suele ser la más utilizada; por ejemplo una mezcla con designación de ½ pulg implica que su agregado tiene un tamaño máximo de ¾ pulg y todo el agregado pasará el tamiz de tres cuartos de pulgadas (Tabla 3.5). El proceso que se explica seguidamente es para diseñar una mezcla asfáltica en caliente para un tamaño máximo nominal de ¾”.

Un diseño de mezcla asfáltica en caliente es un proceso muy amplio y complementario en el cual intervienen varios factores de estudio, los cuales comprenden: primeramente

- Establecer la designación de la mezcla que se desea diseñar.
- Para nuestro caso es una Mezcla de ¾” en base al tamaño máximo nominal del agregado.
- Elección de la especificación bajo la cual se regirá la granulometría, ésta dependerá del tamaño máximo nominal. (Para nuestro caso nos regiremos por los Requerimientos de las EG-2013 para la granulometría de mezcla asfáltica para agregado de tamaño máximo nominal de 19mm)
- Estudio de los materiales que conformarán la mezcla, los cuales básicamente son dos: agregados pétreos y asfalto, además en nuestro caso se utilizó filler mineral (cal hidratada) y un aditivo mejorador de adherencia.
 - a) El estudio de los materiales pétreos comprenderá una serie de ensayos para cada tipo de agregado que se utilice, los cuales se detallaron en el capítulo II referente a agregados pétreos (anexo A, B), todos los ensayos son muy importantes, pero el que más influye a la hora de realizar el diseño es el ensayo de análisis granulométrico, ya que la granulometría que presentan las muestras de los diferentes agregados debe ser la que realmente tiene el agregado en bruto apilado en la planta, y ésta información es la que se utiliza para establecer una combinación de los diferentes agregados para que estos cumplan con una determinada especificación que está de acuerdo a la designación de la mezcla. Si el resultado del análisis granulométrico de los diferentes agregados ó tan sólo de uno de es erróneo, y no es el que realmente presenta el material en bruto apilado, este resultado influirá grandemente a la hora de realizar el diseño. Por lo general nunca se acierta en el diseño a la primera vez, y por lo tanto, habrá que realizar correcciones las cuales se hacen en base a las dosificaciones de los agregados.
 - b) Por su parte también al asfalto se le realizan una serie de ensayos, los cuales se presentan en el anexo C, referente a ligantes asfálticos utilizado; un factor muy importante en el asfalto es elaborar su carta de viscosidad-temperatura, ya que de

esta se obtiene la temperatura para mezclar en planta y la temperatura para compactar en campo, la carta se puede elaborar realizando el Ensayo “Práctica para Cartas Viscosidad-Temperatura de Productos de Petróleo Líquido”; por lo general, dicha carta la proporcionan las empresas distribuidoras de asfalto; pero también se puede elaborar por medio de dicho ensayo.

Una vez que se conoce que los agregados cumplen con las especificaciones correspondientes y se tiene la granulometría de cada uno, así como la carta de viscosidad-temperatura del asfalto, se le da seguimiento al proceso de diseño,

- Establecimiento de las proporciones de los diferentes tamaños de agregados que intervendrán en el diseño, realizándose una combinación teórica, siendo esta calculada por un método adecuado de combinación o un método por tanteos; y posteriormente la comprobación granulométrica.

Para el diseño que se desarrolló, la combinación teórica de agregados se realizó por tanteos con la ayuda de una hoja de cálculo Excel 2010, dicho procedimiento se explica mas adelante.

Ya establecidas las proporciones de cada agregado y las diferentes dosificaciones de asfalto que se utilizarán se sigue el procedimiento que establece la norma MTC E 504, para iniciar el mezclado en laboratorio considerando las temperaturas de la carta de viscosidad-temperatura del asfalto.

Después que se elaboran las briquetas se da seguimiento a lo que es en esencia el método Marshall, el cual consiste en tres procedimientos: determinación del peso específico total, medición de la estabilidad y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las briquetas (éste análisis es enfocado hacia las cuatro características de la mezcla y su influencia en el comportamiento de la mezcla compactada: Densidad, vacíos de aire, vacíos en el agregado mineral y contenido de asfalto).

3.2.2 Combinación de Agregados

La dosificación de agregados tiene por objeto lograr una mezcla cuya gradación se encuentre dentro de los límites recomendados en una especificación determinada, se cuenta con procedimientos analíticos y gráficos; dentro de estos el método de prueba y error es el más utilizado, ya que con la ayuda de programas de computación como Excel es muy fácil elaborar tablas de cálculos y establecer una combinación de varios agregados, por su puesto se debe tener la granulometría de cada agregado a ser combinado. Estos métodos

son descritos a continuación acompañados de ejemplos para hacer más fácil su comprensión.

Partimos de que ya se tiene la granulometría de cada una de las diferentes fracciones de tamaño de agregado que se utilizarán (Anexo A, B).

Se busca una combinación de los tres agregados que se utilizarán: Grava 3/4", Arena Chancada y Arena Natural, para esto se ha utilizado el programa Excel de Windows mediante la elaboración de una tabla con fórmulas para que realice dichos cálculos de la cual se obtiene los porcentajes para cada uno de los agregados antes mencionados, y considerando que el Tamaño Máximo del agregado que se tiene es de 3/4", se utilizará la especificación granulométrica que Superpave exige para ese tamaño, la cual está contemplada en la Tabla 2.14.

Para la dosificación de los agregados se ha hecho uso del programa de computación Excel, con el cual es muy fácil elaborar tablas de cálculos y establecer una combinación de varios agregados. Conociendo la granulometría del agregado grueso, de la arena chancada, de la arena natural y del filler mineral (cal hidratada), se ha determinado las granulometrías del agregado combinado, los cuales cumplen con el huso granulométrico MAC-2 de las EG-2013 y con la granulometría Superpave.

Tabla 3.8. Combinación de Agregados

TAMIZ	AASHTO T-27 ABERT. (mm.)	Grava < 3/4"	A. CH	A. NAT	FILLER	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1 1/2"	37,500						MAC-2	Peso Mat. Humedo : :
1"	25,000							Peso Mat. Seco : :
3/4"	19,000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	% de Humedad : :
1/2"	12,500	81,3	100,0	100,0	100,0	92,5	80 - 100	Peso Frac. Humeda : :
3/8"	9,500	52,8	100,0	100,0	100,0	81,1	70 - 88	Peso Frac. Seca : :
1/4"	6,350							
N° 4	4,750	1,7	99,3	98,2	100,0	60,1	51 - 68	PROPORCIONES
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	0,9	59,9	72,6	100,0	39,1	38 - 52	Grava chancada : % 41,0
N° 16	1,180							Arena chancada : % 42,0
N° 20	0,600							Arena zar. Lavada. : % 16,0
N° 40	0,420		25,7	32,4	100,0	17,4	17 - 28	Filler - cal. : % 1,0
N° 50	0,300							TOTAL : % 100,0
N° 80	0,177		16,2	15,1	96,2	10,3	8 - 17	
N° 100	0,150							OBSERVACIONES:
N° 200	0,075		10,4	5,9	95,8	6,2	4 - 8	
< N° 200	Fondo							

3.2.3 Dosificación de agregados

La granulometría se seleccionó teniendo en cuenta que debería cumplir con las dos especificaciones de diseño; gráfica en escala semi logarítmica MAC-2 (EG-20.13) y gráfica de Fuller que está elevada a la potencia 0.45 (método Superpave).

Para calcular las combinaciones de los agregados, se verificó si ésta evita y cae en la Zona restringida, y cae dentro de los Puntos de control, además de ver si cae en el dominio del huso granulométrico MAC-2, el procedimiento es el siguiente: Se tienen las granulometrías corridas de cada uno de los agregados que conformarán la combinación, luego se procede a asignar un porcentaje a cada agregado, la sumatoria de dichos porcentajes será el 100 por ciento de los agregados; como se muestra en la Tabla N° 3.9 correspondiente al tanteo definitivo.

Tabla 3.9. Husos Granulométricos de la Investigación

TAMIZ	G-A			G-B*		
	% Pasa			% Pasa		
	G	AC	AN	G	G	AC
	41	42	16	38	37	24
19.0 mm (3/4")	100			100		
12.5 mm (1/2")	92.3			92.9		
9.5 mm (3/8")	80.7			82.1		
4.75 mm (N° 4)	59.1			62.0		
2.00 mm (N° 10)	38.1			40.9		
0.425 mm (N° 40)	17.0			18.3		
0.180 mm (N° 80)	10.2			10.6		
0.075 mm (N° 200)	6.3			6.2		

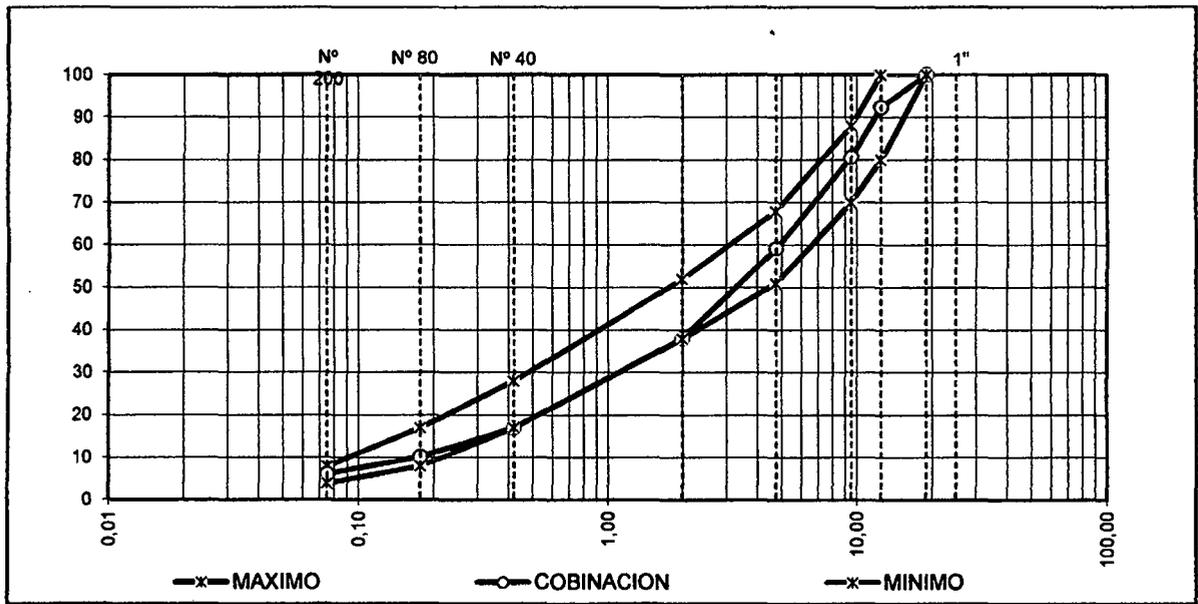
G : % Grava ¾"

AC : % Arena Chancada

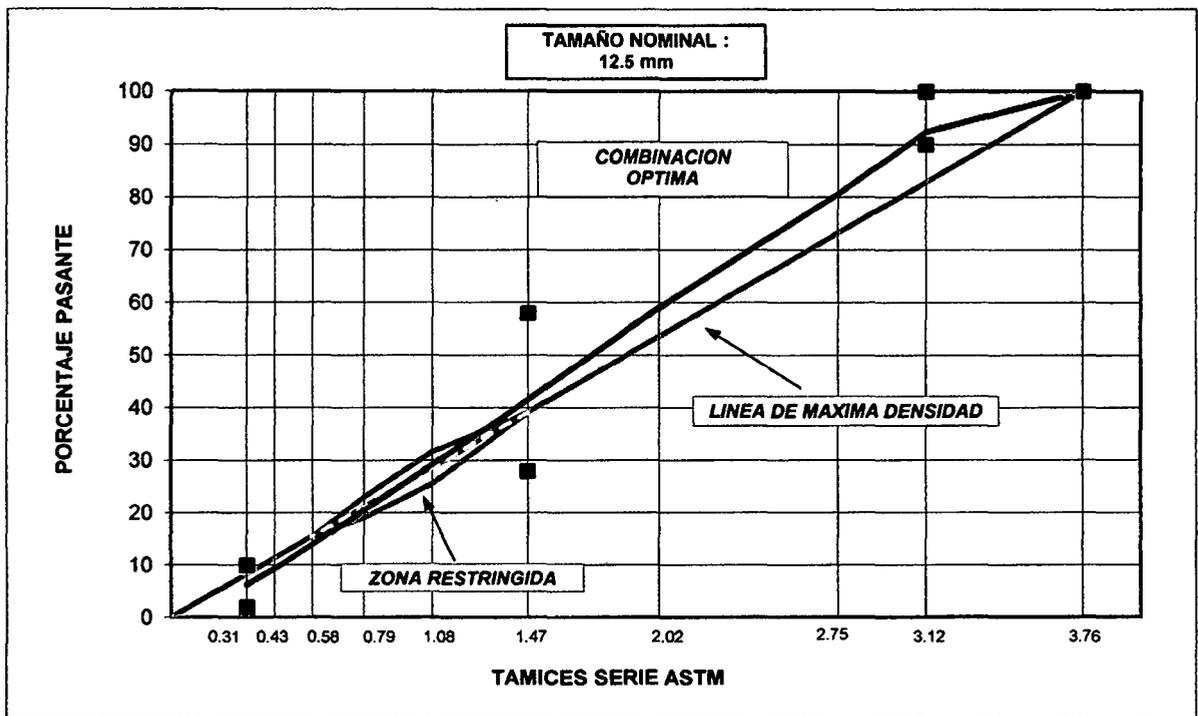
AN : % Arena Natural

*Granulometría que cumple con el huso granulométrico MAC-2 (EG-2013) y la metodología Superpave

En la Figura 3.8 se observa las granulometrías seleccionadas para un tamaño máximo nominal de 12.5 mm, los cuales han sido dosificados para la combinación de tres agregados: Grava de ¾", Arena chancada y arena natural.

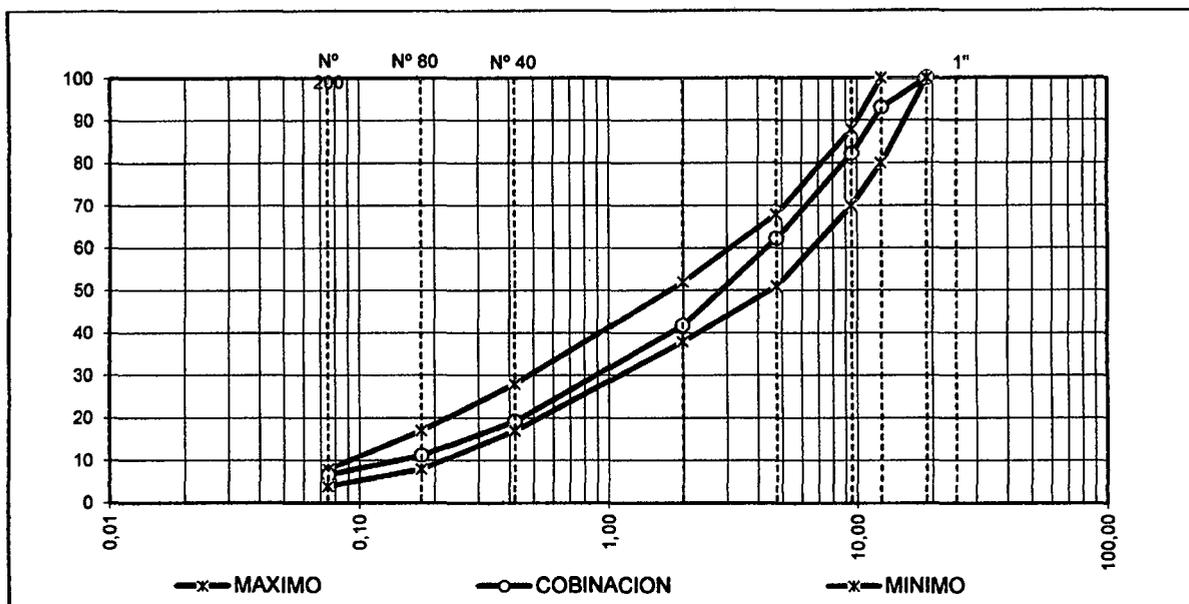


a)

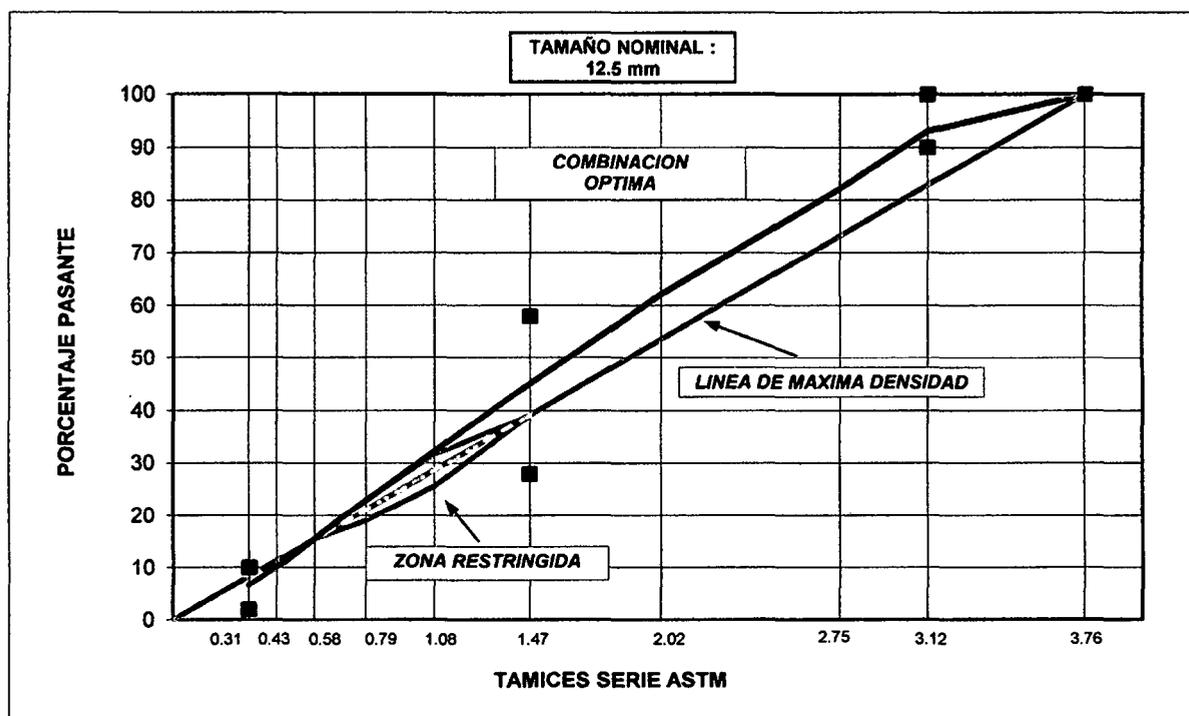


b)

Figura 3.6 Granulometría G-A: a) Gráfica MAC-2 (EG-2013), b) Gráfica de Fuller (Superpave)



a)



b)

Figura 3.7 Granulometría G-B: a) Gráfica MAC-2 (EG-2013), b) Gráfica de Fuller (Superpave)

Las granulometrías seleccionadas son teóricas, por lo que se volvió a tamizar una vez que fueron mezclados los tres agregados (agregado grueso, arena natural y arena chancada) obteniéndose una combinación física del agregados a ser utilizado en el diseño de la MAC.

3.2.4 Determinación del óptimo contenido de asfalto

Los porcentajes de cemento asfáltico para cada dosificación se obtienen haciendo incrementos de 0.5% al porcentaje óptimo de cemento asfáltico, tres incrementos abajo y uno arriba de 6.0%, por lo tanto los porcentajes de cemento asfáltico a utilizar para elaborar las diferentes dosificaciones son:

4,5 %, 5,0 %, 5,5 %, 6,0 % y 6,5 %

Para cada porcentaje de cemento asfáltico se elaborarán tres briquetas como mínimo, cada briqueta tubo un peso de aproximadamente 1'200.0 g.

Una vez establecidos los porcentajes de cemento asfáltico para cada dosificación se procedió a calcular los pesos de los agregados para cada una de las cuatro fracciones de agregados (Tabla 3.5) y el peso de asfalto, dicho proceso se explica en la sección siguiente. El óptimo contenido de cemento asfáltico en la mezcla se determinó de los ensayos de laboratorio, tomando como referencia tres de los parámetros mostrados en los gráficos:

Máxima estabilidad

Máximo Peso Unitario

Medida entre límite superior e inferior de vacíos

3.2.5 Procedimiento para calcular la dosificación de agregado y asfalto

A continuación se ejemplifica el cálculo de los diferentes pesos de agregados para cada una de las cuatro fracciones, de acuerdo a los porcentajes establecidos en la Tabla 3.5 y el peso del asfalto para la elaboración de una briqueta y una muestra para gravedad específica teórica máxima.

Para ejemplificar el cálculo se utilizará el porcentaje de 5.5 % de C.A. (Cemento Asfáltico).

$W_{briqueta} \approx 1\ 200.0\ g$

$1,200.0\ g \rightarrow 1\ 200.0 \times 5,5\% = 66,0\ g\ de\ C.A$

$1\ 200.0 \times \underline{94,5\%} = \underline{1\ 134,0\ g\ de\ Agregado}$

100,0% 1 200.0 g por peso total en la mezcla.

La dosificación completa para una briqueta de 1 200 gramos con 5,5 % C.A, se muestra en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Dosificación para una briqueta de 5.5 % de asfalto

Wbriqueta=1200.0 gr.		94.5 % Agregado = 1,134.0 gr		
Fracción de Agregado	<	% Fracción	Operación	Peso del Agregado (gr.)
Grava	3/4"	41,0	1 134.0x0,41	464,94
Arena Chancada	3/16"	42,0	1 134.0x0,42	476,28
Arena Natural	3/16"	16,0	1 134.0x0,16	181,44
Filler (Cal Hidratada)	N° 40	1,0	1 134.0x0,01	11,34
			Σ	1 134,00
Asfalto		5,5	1 200.0x0,045	66,00
Peso de la Briqueta			Σ	1 200,00

Tabla 3.11. Dosificaciones para Briquetas con un Peso Aproximado de 1200.0 g con diferentes porcentajes de asfalto

% C.A	% Agregado	Asfalto (gr.)	Fracción de Agregado			Filler (Cal hidratada)
			Grava	Arena Chancada	Arena Natural	
			41,0%	42,0%	16,0%	1,0%
4,5	1146	54	469,86	481,32	183,36	11,46
5,0	1140	60	467,4	478,8	182,4	11,4
5,5	1134	66	464,94	476,28	181,44	11,34
6,0	1128	72	462,48	473,76	180,48	11,28
6,5	1122	78	460,02	471,24	179,52	11,22

Teniendo las cuatro fracciones de agregado según lo sugiere la norma AASHTO T 245 y sus pesos de acuerdo a sus porcentajes respectivos, procedemos a pesar cada fracción de agregado de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que se utilizará en cada una de las bachadas (agregado –asfalto), tanto para briquetas como las muestras que serán utilizadas para la realización del ensayo de gravedad específica teórica máxima y extracción de asfalto, según el número que se harán de cada una de ellas. Procedimientos más detallados se explican en las guías de ensayo respectivas.

3.2.6 Trabajo de laboratorio para la elaboración de las briquetas

3.2.6.1 Preparación de la mezcla asfáltica en caliente

En la dosificación que se realizó las proporciones de agregado son: Agregado grueso $\frac{3}{4}$ ", Arena Chancada, Arena Natural y Filler Mineral, con los porcentajes de las cuatro fracciones de la Tabla 3.9 y utilizando de acuerdo al tamaño máximo nominal de la combinación de agregados que es de $\frac{3}{4}$ ", la especificación granulométrica Superpave para ese tamaño máximo nominal, según Tabla 2.14. Primeramente se elaboraron las briquetas, de acuerdo al procedimiento contemplado en la norma MTC E 504-2000, la cual establece que la temperatura de mezclado de 135 °C para el cemento asfáltico que se ocupó.

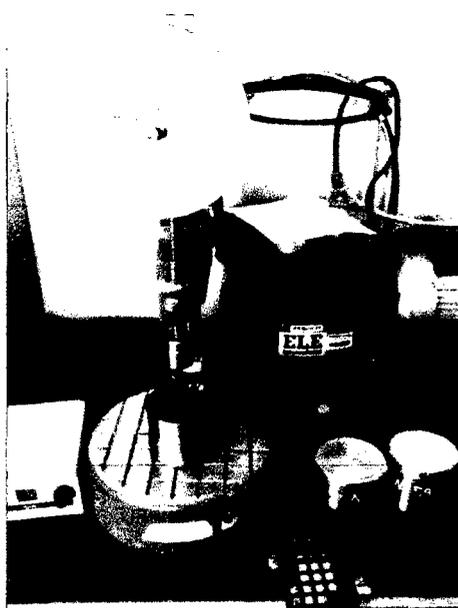


Figura 3.8: Ensayo –Penetración del asfalto

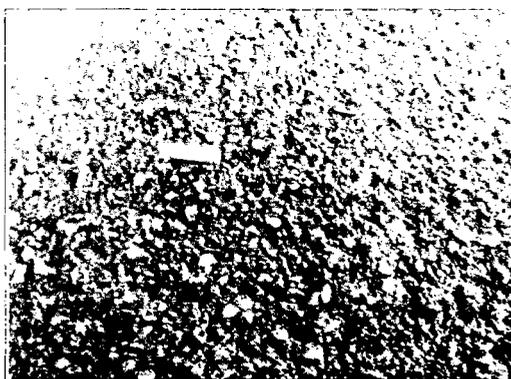


Figura 3.9: Verificación de la temperatura de compactación



Figura 3.10: Elaboración de la mezcla asfáltica en caliente



Figura 3.11: Cuarteo de la mezcla asfáltica en caliente

3.2.6.2 Compactación de la MAC con el Martillo Marshall

En la compactación de la mezcla asfáltica caliente se utilizó el martillo de impacto para las probetas Marshall.

Para compactar las probetas se emplea un dispositivo de acero formado por una base plana y circular de 98.4 mm (3 7/8") de diámetro y un pistón de 4.536 g (10 lb), montado de forma que se pueda conseguir una caída libre del mismo sobre la base desde una altura de 457.2 mm (18"). Consta de un pedestal de compactación; consiste en una pieza prismática de madera de 200 x 200 x 460 mm (8 x 8 x 18 ") con un plato de acero de 305 x 305 x 25 mm (12 x 12 x 1 "). La base de madera deberá ser de roble o pino y tener un peso seco de 670 a 770 kg/m³. El martillo Marshall forma parte de la metodología Marshall.

El concepto del método Marshall para diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. Dicho método utiliza especímenes de prueba estándar, de una altura de 64 mm (2 1/2") y 102 mm (4") de diámetro.



Figura 3.12: Colocación de la mezcla asfáltica en el molde de compactación



Figura 3.13: Compactación de la mezcla asfáltica

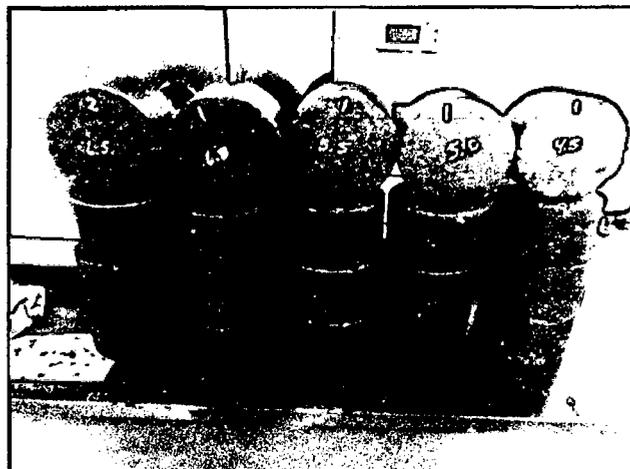


Figura 3.14: Curado de briquetas

Luego de elaborar las briquetas se realizó el trabajo de laboratorio comprendido en el procedimiento Marshall que comprende los siguientes ensayos, que se resumen como:

Estabilidad y Flujo

Gravedad Específica Teórica Máxima

Gravedad Específica Bulk

La densidad bulk debe obtenerse antes de la estabilidad, ya que éste es un ensayo destructivo, de la bulk y teórica máxima se obtiene el porcentaje de vacíos de cada bachada.

3.2.7 Pruebas fundamentales a la mezcla asfáltica

3.2.7.1 Gravedad Específica Bulk

Después de la compactación de las briquetas y su posterior extracción de los moldes para su respectivo curado a temperatura ambiente, se procede a realizar el ensayo de la gravedad bulk, según MTC E 504 – 2000.

El procedimiento seguido fue secar los especímenes hasta masa constante (curado a temperatura ambiente). Luego se registró el peso seco de cada briqueta (ver Figura 3.15). Luego se sumergieron en un recipiente con agua a 25 °C, dejándolos saturar por lo menos 10 minutos. Al final del período de 10 minutos se removieron los especímenes y se colocaron en la canastilla sumergida previamente agitada para la eliminación de burbujas de aire, y se registró el peso sumergido de cada briqueta (ver Figura 3.16), inmediatamente al retirar la briqueta de la canastilla se secó la humedad del espécimen con una



Figura 3.15: Peso seco de briqueta



Figura 3.16: Peso sumergido de briqueta

3.2.7.2 Gravedad Específica Teórica Máxima

La gravedad específica teórica máxima (Gmm), como su nombre lo dice es la máxima densidad que puede presentar una mezcla asfáltica, ya que no considera vacíos en la muestra por estar esta en condición suelta, simplemente es la densidad de sólo las partículas de agregado recubiertas por el asfalto; es complementaria de la gravedad específica bulk, ya que con los valores de dichas gravedades se obtiene el porcentaje de vacíos (%Pa).

El procedimiento realizado fue que una muestra de masa mínima de 2500 gramos secada en horno en condición suelta es colocada en un contenedor

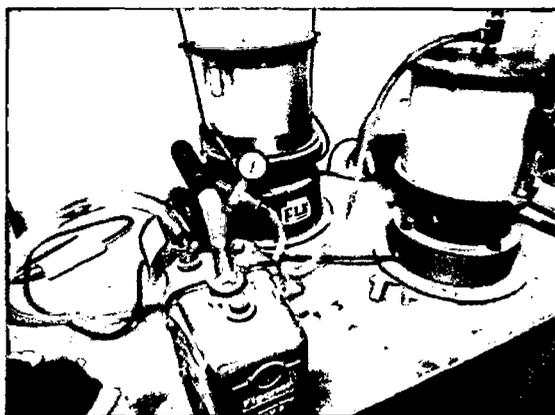


Figura 3.17: Equipo de vacío, vibrado, picnómetro y manómetro ensamblado



Figura 3.18: Pesado en aire de Picnómetro + Agua + Mezcla

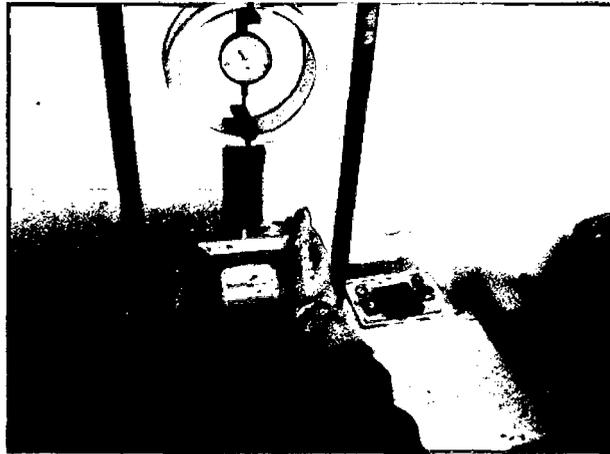
3.2.7.3 Resistencia al Flujo Plástico de Mezclas Bituminosas Utilizando el Equipo Marshall.

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente (inmediatamente deja de registrar carga). Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, las quijadas (cabezales) superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador dial. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall.

Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla asfáltica a la deformación; sin embargo en las mezclas asfálticas no siempre se aplica que si un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mejor. El valor de la fluencia Marshall, medida en centésimas de pulgada, representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro de la briqueta.

El método de ensayo según la norma MTC E 504 – 2000 para determinar la estabilidad y flujo procede de la manera siguiente: Los especímenes preparados con cemento asfáltico son colocados en baño de maría de 30 a 40 minutos, manteniendo la temperatura del baño de maría a 60 ± 1 °C (140 ± 1.8 °F). Pasado este tiempo se colocan los cabezales de ensayo en el baño maría unos segundos antes de iniciar el ensayo. Se remueva la briqueta del baño de maría y se coloca en la parte interna del cabezal de ensayo inferior. Colocamos el segmento superior del cabezal de ensayo sobre la briqueta, y se pone el ensamble completo en posición en la máquina de ensayo (ver Figura 3.19 a). Seguidamente se coloca el medidor de flujo que será utilizado, en la posición correcta sobre una de las barras guía y se ajusta el medidor de flujo a cero (Figura 3.19 b) mientras se sostiene la manga firmemente en contra del segmento superior del cabezal de ensayo

Se aplica la carga (Figura 3.20) a una razón de un movimiento constante de 50.8 mm/min (2 pulg/min) hasta que la carga máxima es alcanzada y la



a)

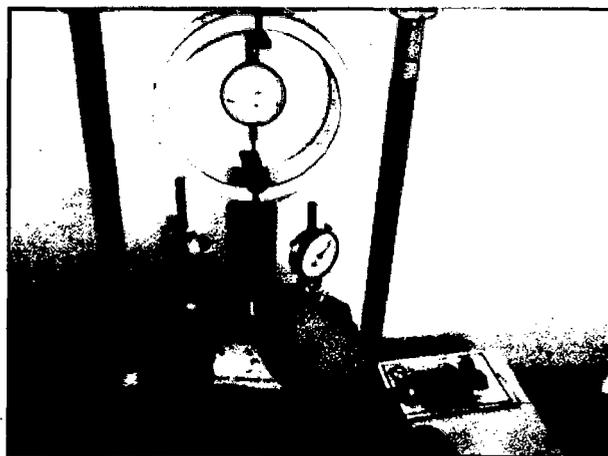


Figura 3.19: a) Colocación en máquina de ensayo de ensamble briqueta + quijada.

b) Ajuste medidor de flujo a cero.

Fuente: CECEL S.A. - Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos



Figura 3.20: Aplicación de cargar durante el ensayo de estabilidad y flujo.

Los resultados de los ensayos Marshall para los dos husos granulométricos que se han considerado en el presente trabajo, para los contenidos de asfalto de 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%, se presentan en el siguiente capítulo.

3.3 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

3.3.1 Tratamiento y análisis de datos

Después que se han realizado los ensayos Marshall en laboratorio es necesario realizar el tercer procedimiento contemplado en el método Marshall: análisis de la densidad y el contenido de vacíos en las briquetas; esto se hace mediante al análisis de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, para ello se deben hacer diversos cálculos para obtener ciertos valores y posteriormente elaborar los seis gráficos con los que se podrá obtener el contenido óptimo de asfalto para el diseño. Este análisis comprende:

Densidad

Vacíos de aire

Vacíos en el agregado mineral

Vacíos llenos de asfalto

3.3.1.1 Análisis de la Densidad

Los valores de densidad para cada dosificación de asfalto han sido calculados a partir de los promedios de la gravedad específica bulk, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Resultados de Densidades en la MAC

Huso granulométrico G-A					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Específico Bulk de la Probeta	2,468	2,480	2,491	2,498	2,488
Peso Específico Máximo (RICE)	2,650	2,635	2,756	2,600	2,544
Huso granulométrico G-B					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Específico Bulk de la Probeta	2,456	2,484	2,494	2,502	2,488
Peso Específico Máximo (RICE)	2,624	2,603	2,582	2,560	2,537

3.3.1.2 Análisis de Vacíos de Aire.

El propósito del análisis es determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada, el cual en el diseño debe de estar entre 3 y 5%. Como ya se había mencionado antes existe una relación entre la gravedad específica bulk y la teórica máxima ya que son de las cuales se obtiene el porcentaje de vacíos, la teórica máxima no contempla vacíos en la muestra; mientras que una briqueta compactada sí contiene vacíos en su interior, por lo tanto la gravedad específica bulk es menor que la teórica máxima.

Tabla 3.13. Resultados de Vacíos de Aire en la MAC

Huso granulométrico G-A					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Específico Bulk de la Probeta	2,468	2,480	2,491	2,498	2,488
Peso Específico Máximo (RICE)	2,650	2,635	2,756	2,600	2,544
% de Vacíos	6,86	5,87	4,91	3,94	2,21
Huso granulométrico G-B					
C.A. (%)	v	5.00	5.50	6.00	6.50
Peso Específico Bulk de la Probeta	2,456	2,484	2,494	2,502	2,488
Peso Específico Máximo (RICE)	2,624	2,603	2,582	2,560	2,537
% de Vacíos	6,10	4,60	3,40	2,30	1,90

3.3.1.3 Análisis de Vacíos en el Agregado Mineral.

Los vacíos en el agregado mineral VMA están definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado de la mezcla para pavimentación compactada, incluye los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto, y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla. Para los vacíos en agregado mineral se obtuvieron siguientes valores:

Tabla 3.14. Resultados de Vacíos en el Agregado Mineral en la MAC

Huso granulométrico G-A					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Unitario (gr/cc)	2,468	2,480	2,491	2,498	2,488
Vacios (%)	6,9	5,9	4,9	3,9	2,2
V.A.M. (%)	14,5	14,5	14,6	14,8	15,6
Huso granulométrico G-B					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Unitario (gr/cc)	2,456	2,484	2,494	2,502	2,488
Vacios (%)	6,4	4,6	3,4	2,3	1,9
V.A.M. (%)	14,89	14,39	14,47	14,66	15,58

3.3.1.4 Análisis de Vacíos Llenos de Asfalto

Los vacíos llenos de asfalto, VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregados (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, mientras que el VFA sólo el asfalto que une a los agregados (asfalto efectivo), el valor de VFA se expresa como un porcentaje. Finalmente se calculan los vacíos llenos de asfalto dándonos los resultados siguientes:

Tabla 3.15. Resultados de Vacíos Llenos de Asfalto en la MAC

Huso granulométrico G-A					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Unitario (gr/cc)	2,468	2,480	2,491	2,498	2,488
Vacios (%)	6,9	5,9	4,9	3,9	2,2
V.A.M. (%)	14,5	14,5	14,6	14,8	15,6
V.F.A. (%)	52,6	59,5	66,3	73,4	85,9
Huso granulométrico G-B					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Unitario (gr/cc)	2,456	2,484	2,494	2,502	2,488
Vacios (%)	6,4	4,6	3,4	2,3	1,9
V.A.M. (%)	14,89	14,39	14,47	14,66	15,58
V.F.A. (%)	57,69	67,28	76,22	84,34	87,54

3.3.1.5 Estabilidad y flujo

Los resultados del ensayo de estabilidad y flujo se presentan en la tabla 3.16.

Tabla 3.16. Resultados de Estabilidad y Flujo en la MAC

Huso granulométrico G-A					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Unitario (gr/cc)	2,468	2,480	2,491	2,498	2,488
Vacios (%)	6,9	5,9	4,9	3,9	2,2
V.A.M. (%)	14,5	14,5	14,6	14,8	15,6
V.F.A. (%)	52,6	59,5	66,3	73,4	85,9
Estabilidad (kg)	847	960	991	1135	990
Fluencia (mm.)	1,69	2,12	2,79	3,26	3,47
Estab./Fluencia (kg/cm)	5 036	4 538	3 583	3 487	2 851
Huso granulométrico G-B					
C.A. (%)	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Peso Unitario (gr/cc)	2,456	2,484	2,494	2,502	2,488
Vacios (%)	6,4	4,6	3,4	2,3	1,9
V.A.M. (%)	14,89	14,39	14,47	14,66	15,58
V.F.A. (%)	57,69	67,28	76,22	84,34	87,54
Estabilidad (kg)	939	1237	1332	1371	1174
Fluencia (mm.)	2,54	3,26	3,73	4,02	4,28
Estab./Fluencia (kg/cm)	3 715	3 902	3 567	3 411	2 750

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1.1. Análisis de los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica

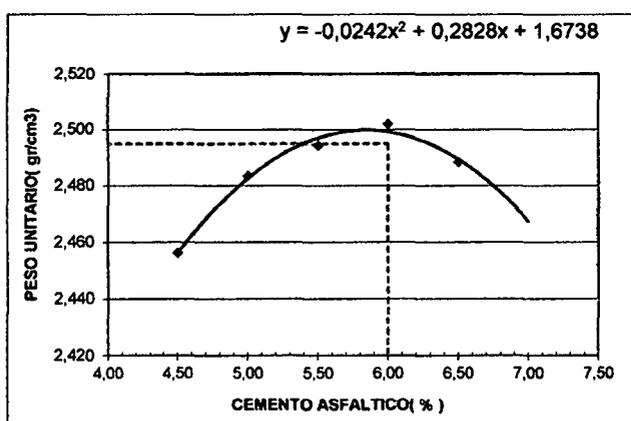
El análisis volumétrico está subdividido en tres etapas, las cuales son determinación de la selección de la granulometría de diseño, selección del contenido óptimo de asfalto, propiedades en el óptimo de asfalto.

Los parámetros a evaluar en esta etapa serán: vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos rellenos de asfalto (VFA); volumen de vacíos (Va); porcentaje de asfalto efectivo (Pbe); proporción de polvo (DP); gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada (Gmb); densidad teórica máxima de la mezcla asfáltica (Gmm), absorción de la mezcla asfáltica. A estos se le adicionarán los parámetros propios de los métodos de diseño, como son estabilidad y flujo del método Marshall, y % de Gmm para el método Superpave.

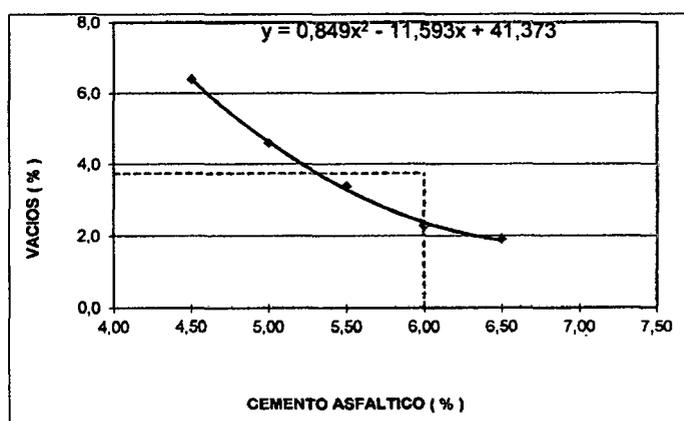
Finalmente con todos los datos necesarios, presentados en la tabla 3.16, se procede a la elaboración de los gráficos contemplados por el método Marshall.

Después de la realización de los ensayos y obtener sus resultados, estos son trazados en los gráficos de las figuras N° 4.1 a la 4.2, para poder entender las características particulares de cada briqueta usada en la serie.

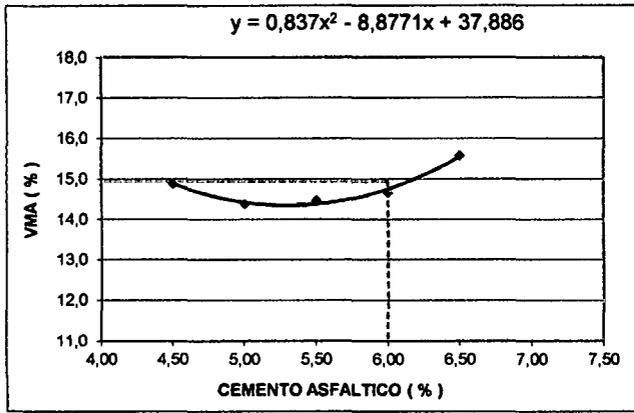
Los valores graficados en el eje de las ordenadas (Y) son: porcentaje de vacíos, porcentaje de VMA, porcentaje de VFA, Densidad, Estabilidad y Fluencia, todos contra el valor en las abscisas (X) que son los diferentes porcentajes de asfalto.



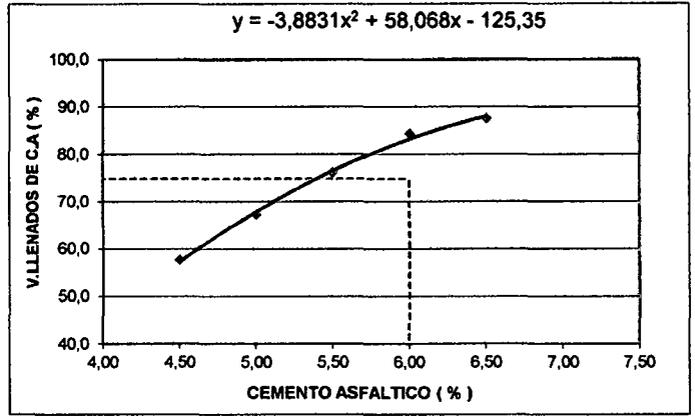
a)



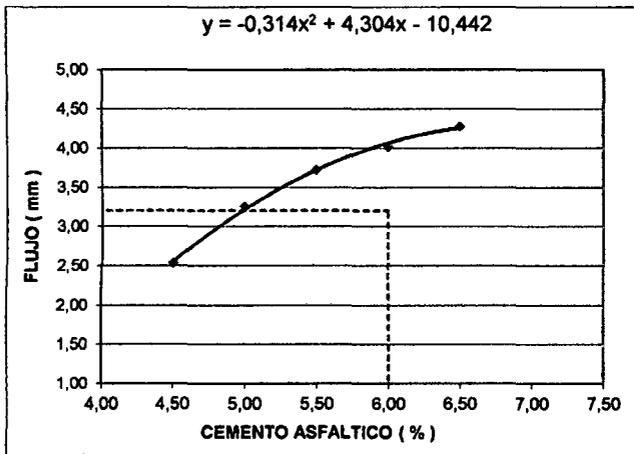
b)



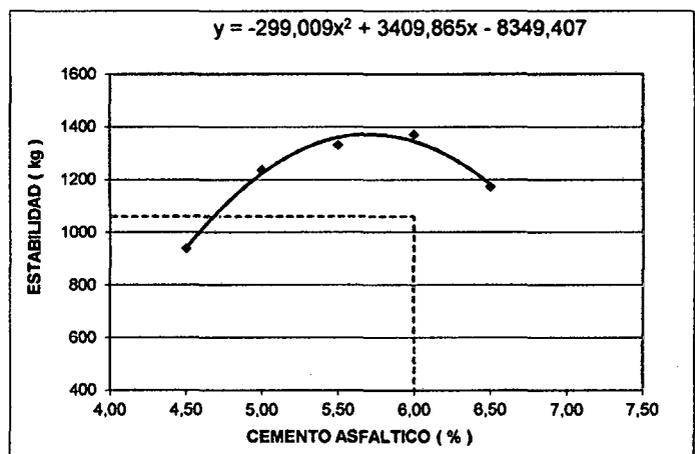
c)



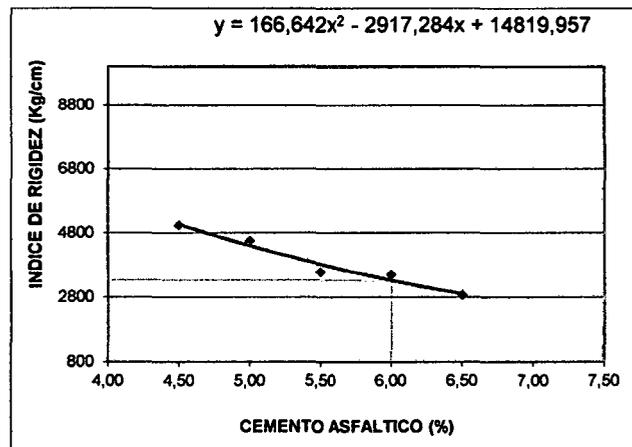
d)



e)



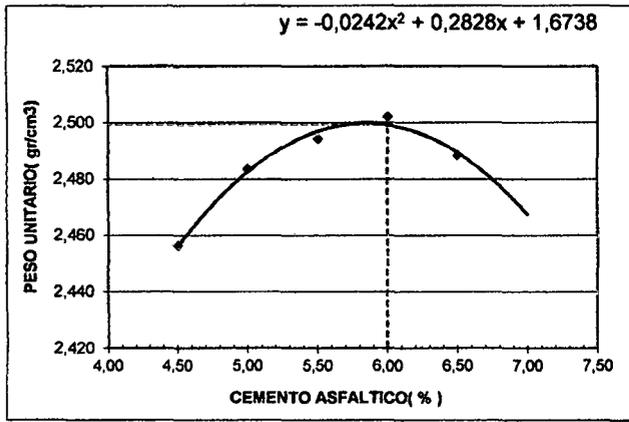
f)



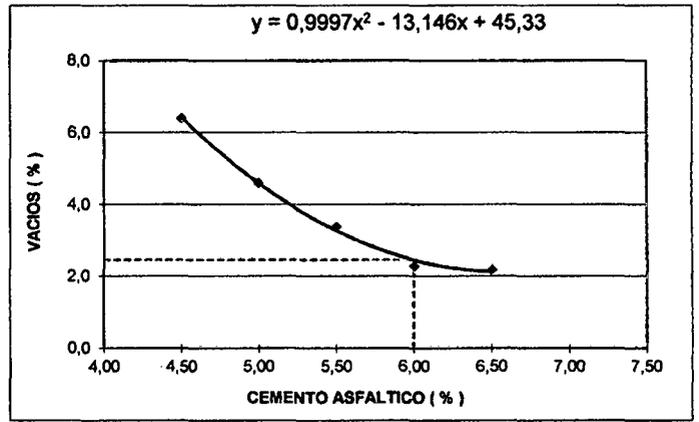
g)

Figura N° 4.1. Análisis volumétrico para el diseño de la mezcla asfáltica con la granulometría G-A: a) Peso Unitario - % Asfalto, b) Vacíos - % Asfalto, c) %VMA - % Asfalto, d) %VFA - % Asfalto, e) Flujo - % Asfalto, f) Estabilidad - % Asfalto

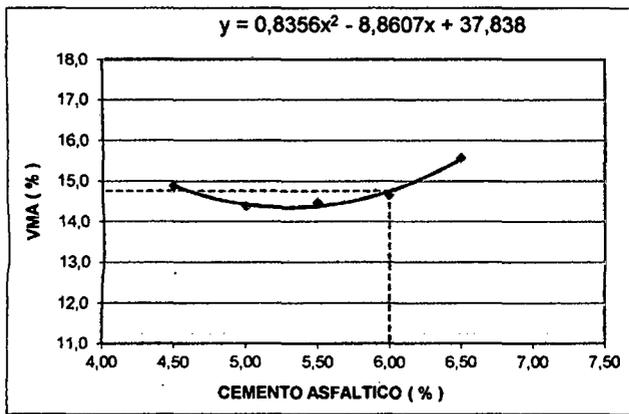
Fuente: CECEL S.A. - Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos



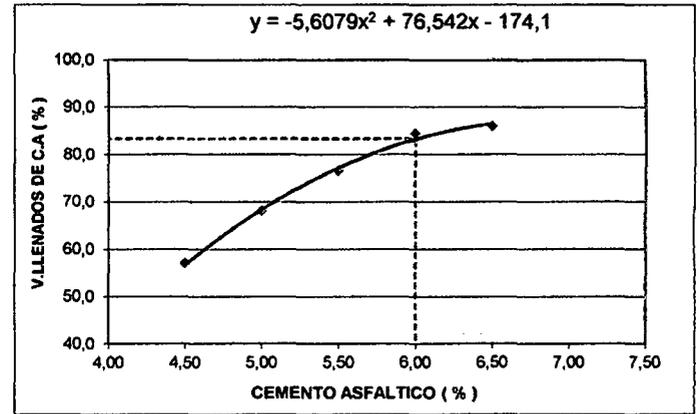
a)



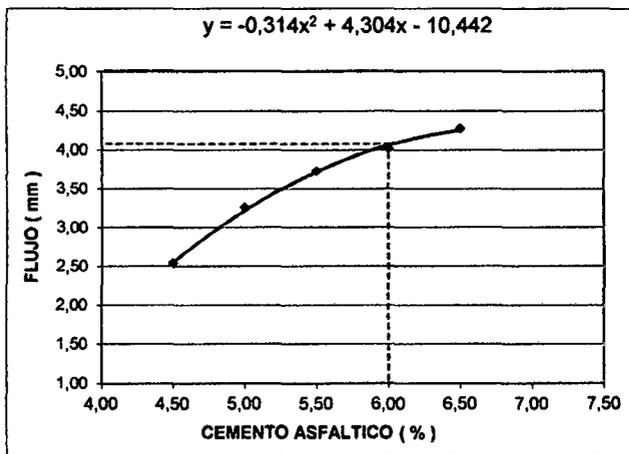
b)



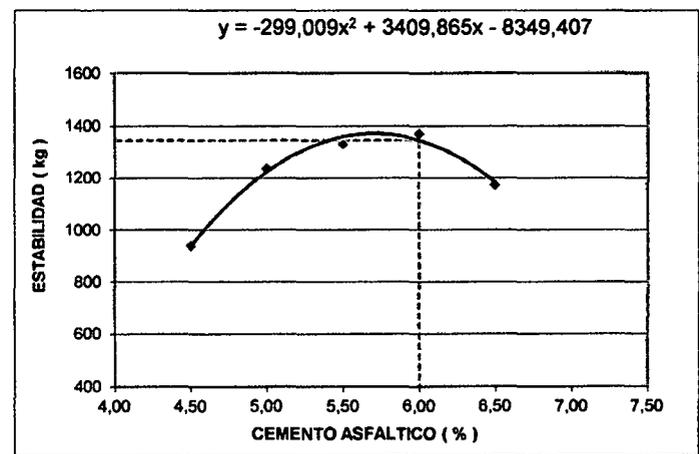
c)



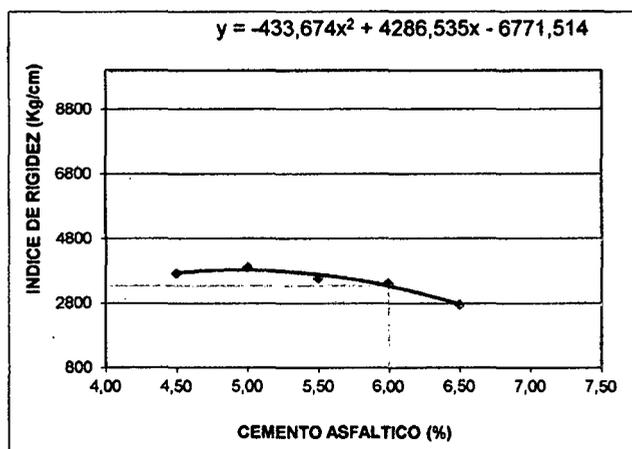
d)



e)



f)



g)

Figura N° 4.2. Análisis volumétrico para el diseño de la mezcla asfáltica con la granulometría G-B: a) Peso Unitario - % Asfalto, b) Vacíos - % Asfalto, c) %VMA - % Asfalto, d) %VFA - % Asfalto, e) Flujo - % Asfalto, f) Estabilidad - % Asfalto

Fuente: CECEL S.A. - Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Las relaciones para determinar los porcentajes de vacíos de aire (V_a), vacíos en el agregado mineral (V_{AM}), y vacíos llenos de asfalto (V_{FA}) son las descritas en el capítulo II. Marco Teórico.

En las Figuras 4.1a y 4.2b se observa que la compactación giratoria produce mayores densidades de la mezcla asfáltica compactada; esto desde luego repercute de manera directa en los demás parámetros volumétricos. Los vacíos de aire son mayores, aproximadamente en 1% para la mezcla elaborada con el método Marshall; este valor se mantiene considerablemente constante para todos los contenidos de asfalto.

Al haber más espacio intergranular en las mezclas elaboradas con el método Marshall, era de esperarse obtener valores más altos de V_{AM} para estas probetas ya que existe más espacio disponible para acomodar asfalto y aire en la mezcla. Por la misma razón, los mayores valores de V_{FA} se presentan para mezclas compactadas con la metodología Superpave ya que al haber menos espacio entre las partículas para alojar el asfalto efectivo, son estas probetas las que presentan mayor porcentaje de saturación en una misma cantidad de asfalto.

4.1.1 Observaciones y Tendencias de las Gráficas de Diseño.

Cuando los resultados de los ensayos se trazan en gráficas, usualmente revelan ciertas tendencias en las relaciones entre el contenido de asfalto y las propiedades de la mezcla. A continuación se enuncian ciertas tendencias que pueden observarse al estudiar las gráficas:

El porcentaje de vacíos disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto.

El porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%VMA) generalmente disminuye hasta un valor mínimo, y luego aumenta con aumentos en el contenido de asfalto.

El porcentaje de vacíos llenos de asfalto (%VFA) aumenta con aumentos en el contenido de asfalto.

La curva para la densidad de la mezcla es similar a la curva de estabilidad, excepto que la densidad máxima se presenta a un contenido de asfalto ligeramente mayor que el que determina la máxima estabilidad.

Hasta cierto punto, los valores de estabilidad aumentan a medida que el contenido de asfalto aumenta. Más allá de este punto, la estabilidad disminuye con cualquier aumento en el contenido de asfalto.

Los valores de fluencia aumentan con aumentos en el contenido de asfalto.

Los gráficos presentados en las Figuras N° 4.1 y 4.2 proporcionan los resultados de los ensayos Marshall. Cada gráfica tiene trazados los resultados de los diferentes ensayos, los valores de estos resultados están representados por los puntos de contenido de asfalto de 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%.

4.1.2 Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto

El contenido óptimo de cemento asfáltico para el diseño de mezcla se determina a partir del análisis de los resultados del gráfico Porcentaje de vacíos - Contenido de Asfalto mostrados en las Figura N° 4.1. y 4.2. El requisito del método Marshall para vacíos en mezclas asfálticas diseñadas en laboratorio es de 3 a 5%, para analizar las gráficas primeramente se obtiene el valor promedio de dichos vacíos que es 4% de vacíos, con este valor son comprobadas todos los parámetros. Se traza una línea horizontal que corte el valor de 4% de vacíos en el eje de las ordenadas e intercepte la gráfica, desde este punto de intercepción se traza una línea vertical que corte el eje horizontal (abscisas) y se registra el valor de porcentaje de cemento asfáltico en dicha intersección; el valor determinado de

esta forma será tomado como el contenido óptimo de cemento asfáltico. Luego, con este contenido óptimo de cemento asfáltico se evalúa todos los gráficos para encontrar todos los parámetros de control y luego compararlos con las especificaciones de diseño del método Marshall para tráfico alto, para verificar si los valores encontrados cumplen. La manera para encontrar todos los parámetros es trazando una línea vertical desde el contenido óptimo de cemento asfáltico encontrado anteriormente, hasta que esta línea intercepte la gráfica; luego a partir de esta intercepción se traza una línea horizontal que intercepte el eje vertical, de esta manera se pueden obtener cada uno de los parámetros de control que serán comparados con las especificaciones. Si se cumplen todos los criterios de las especificaciones, el contenido de cemento asfáltico encontrado con el cual se evaluaron todos los parámetros, será considerado el contenido de asfalto óptimo para el diseño de la mezcla. Con uno de los criterios que no cumpla será necesario hacer algunos ajustes o volver a rediseñar la mezcla.

Tabla 4.1. Resultados del ensayo Marshall en la MAC, con la granulometría A (G-A)

Descripción	Valores de Diseño	Especificación	Observación
Optimo contenido de Cemento Asfáltico	6,00	-	
Peso Unitario (gr./cc.)	2'495	-	
Estabilidad (kg.)	1 059	815	Cumple
Flujo (mm.)	3,2	2 - 3.6	Cumple
% Vacios de Aire	3,7	3 - 5	Cumple
V.M.A (%)	14,9	14 min.	Cumple
Compactación, Numero de golpes	75	75	Cumple
Estabilidad Retenida	87,5	70 % min	Cumple
Relación Polvo/Asfalto	1,1	0.6 - 1.3	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (Kg/cm.)	3 310	1 700 – 4 000	Cumple
Índice de Compactabilidad	6,0	5 min.	Cumple

*Ver Anexo G

Tabla 4.2. Resultados del ensayo Marshall en la MAC, con la granulometría B (G-B)

Descripción	Valores de Diseño	Especificación	Observación
Optimo contenido de Cemento Asfáltico	5,5	-	
Peso Unitario (gr./cc.)	2 497	-	
Estabilidad (kg.)	1 360	815	Cumple
Flujo (mm.)	3,7	2 - 3.6	NO Cumple
% Vacíos de Aire	3,3	3 - 5	Cumple
V.M.A (%)	14,4	14 min.	Cumple
Compactación, Numero de golpes	75	75	Cumple
Estabilidad Retenida	87,5	70 % min	Cumple
Relación Polvo/Asfalto	1,1	0,6 - 1,3	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (Kg/cm.)	3 299	1 700 – 4 000	Cumple
Índice de Compactabilidad	5,9	5 min.	Cumple

*Ver Anexo G

4.1.3 Contrastación de la Hipótesis

De las tablas 4.1 y 4.2, se tiene:

La granulometría A, la cual se encuentra dentro del huso granulométrico MAC-2 y atraviesa la zona restrictiva de la metodología Superpave, sus valores obtenidos del método Marshall en la investigación se observa que el contenido de asfalto, el Peso Unitario, la Estabilidad, el Flujo, el % de Vacíos de aire, el V.M.A, y la relación estabilidad/flujo cumplen con lo especificado en las EG-2013.

En la granulometría B, la cual se encuentra dentro del huso granulométrico MAC-2 y no atraviesa la zona restrictiva recomendado por la metodología Superpave, sus valores obtenidos del método Marshall en la investigación se observa que los valores del contenido de asfalto y el flujo no cumplen con las especificaciones peruanas EG-2013, mientras que los valores del Peso Unitario, la Estabilidad, el % de Vacíos de aire, el V.M.A, y la relación estabilidad/flujo cumplen con lo especificado en las EG-2013.

Además podemos ver que el contenido de asfalto obtenido en la granulometría A es mayor en 0,5% AL valor obtenido con la granulometría B.

El valor del % de Vacíos de aire, el V.M.A, y la relación estabilidad/flujo de la granulometría B son menores a los obtenidos con la granulometría A, en consecuencia la mezcla asfáltica diseñada con la granulometría A tendrá un mejor desempeño en campo que la mezcla asfáltica diseñada con la granulometría B.

La mezcla asfáltica diseñada con la granulometría B tendrá un comportamiento más rígido, en consecuencia es más propenso a sufrir daños estructurales como fisuras longitudinales.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica diseñada con la granulometría A (G-A), la cual se encuentra dentro del huso granulométrico MAC-2 de las EG-2013 y atraviesa la zona restrictiva de la metodología Superpave, cumplen con las especificaciones generales para la construcción de carreteras EG-2013; y la mezcla asfáltica diseñada con la granulometría B (G-B), la cual se encuentra dentro del huso granulométrico MAC-2 de las EG-2013 y no atraviesa la zona restrictiva de la metodología Superpave, algunos de los parámetros volumétricos (como el Flujo) no cumple con las especificaciones generales para la construcción de carreteras EG-2013.

Se ha determinado que un pequeño cambio en los porcentajes de la granulometría de los áridos utilizados en el diseño de mezclas asfálticas en caliente influye en el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica; además, se ha determinado que la granulometría A (G-A), que atraviesa la zona restrictiva de la metodología Superpave tiene un buen desempeño estructural, toda vez que cumple con los parámetros de estabilidad y flujo.

En la investigación se ha corroborado lo investigado por Nacional Cooperative Highway Research Program (NCHRP), en la cual se determinó que utilizando husos granulométricos que atraviesen la zona restrictiva de la metodología Superpave, podemos obtener mejores desempeños de las mezclas asfálticas en caliente, que las granulometrías que sus husos granulométricos se encuentran fuera de la zona restrictiva; es decir, utilizar la granulometría de la metodologías Superpave no siempre mejora el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente.

5.2 Recomendaciones

Al diseñar mezclas asfálticas en caliente no se debe limitar la utilización de husos granulométricos que atraviesen la zona restrictiva de la metodología Superpave, sino que se debe considerar en las especificaciones para la construcción de carretas EG-2013 la utilización de husos granulométricos que atraviesan la zona restrictiva de la metodología Superpave, toda vez que con estas granulometrías se logran mezclas asfálticas en caliente con un mejor desempeño.

Se recomienda ampliar la investigación, usando husos granulométricos los cuales se encuentren debajo de la línea de máxima densidad de la metodología Superpave, los cuales atraviesen y se encuentren fuera de la zona restrictiva y comparar los resultados con los encontrados en este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarado Vázquez, A.R. 2011. Análisis de Métodos para el Estudio Granulométrico de Áridos de Mezclas Asfálticas. Memoria (Ing. Civil). Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. 95 p.
2. Crespín Molina, R.A., Santa Cruz Jovel, I.E. y Torres Linares, P.A. 2012. Aplicación del Método Marshall y Granulometría Superpave en el Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente con Asfalto Clasificación Grado de Desempeño. El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Civil. 312 p.
3. BITUMIX CVV. Especialidades Asfálticas. 2005. Metodología SUPERPAVE para el Diseño de Mezclas Asfálticas. 15 p.
4. FHWA (Federal Highway Administration). SUPERPAVE. 1996) Antecedentes de Diseño y Análisis de Mezclas Asfálticas de SUPERPAVE. 1ed. Publicación N° FWHA-SA-95-003. Traducción Agosto 1996. Washington D.C., Estados Unidos.
5. Juárez Badillo, E, Rico Rodríguez, A. 2005. Mecánica de Suelos. Fundamentos de la Mecánica de Suelos”. Tomo 1. Editorial Limusa. 3ed. 642p. México, D.F.
6. MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), DGCF (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles). 2013. Especificaciones Generales para Construcción (EG - 2013). Lima, Perú.
7. MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), DGCF (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles). 2000. Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM - 2000). Lima, Perú.
8. Montejo Fonseca, A. 2002. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Editorial de la Universidad Católica de Colombia, 2ed. 733p. Bogotá, D.C.
9. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), IMT (Instituto Mexicano del Transporte). 2005. Algunos Aspectos de la Densificación de Mezclas Asfálticas con el Compactador Giratorio. P.T. N° 228. 62 p. Querétaro, México.
10. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), IMT (Instituto Mexicano del Transporte). 2006. Aspectos del Diseño Volumétrico de Mezclas Asfálticas. P.T. N° 246. 54 p. Querétaro, México.

11. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), IMT (Instituto Mexicano del Transporte). 2005. Análisis de la Influencia del Método de Compactación en el Comportamiento Mecánico de Mezclas Asfálticas. P.T. N° 255. 34 p. Querétaro, México.
12. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), IMT (Instituto Mexicano del Transporte). 2006. Caracterización Geomecánica de Mezclas Asfálticas. P.T. N° 267. 104 p. Querétaro, México.
13. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), IMT (Instituto Mexicano del Transporte). 2005. Análisis Comparativo de los Métodos Marshall y SUPERPAVE para Compactación de Mezclas Asfálticas. P.T. N° 271. 48 p. Querétaro, México.
14. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), IMT (Instituto Mexicano del Transporte). 2006. Influencia de la Granulometría en las Propiedades Volumétricas de la Mezcla Asfáltica. P.T. N° 299. 98 p. Querétaro, México.
15. THE ASPHALT INSTITUTE. 1965. Manual del Asfalto. Trad. M. Velásquez. 1973. Editorial Urmo, 477 p. Bilbao, España.

ANEXOS

**ANEXO A: PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL
AGREGADO GRUESO**

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000
MATERIA : Piedra Chancada para Asfalto
CANTERA : Cootaquite
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.

Proyecto : Tesis
Para Optar Título : Ing. Civil
Realizado por : Bach. D.J.T.M
Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

RESUMEN DE ENSAYOS DE PIEDRA CHANCADA PARA ASFALTO < 3/4"

MUESTRA	FECHA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					ABRASION	DURABILIDAD	SALES SOLUBLES	01 CARA FRACT. (%)	02 CARA FRACT. (%)	CHATA Y ALARG. (%)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	ÍNDICE DURABILIDAD	PESO UNITARIO SUELTO
		% PASANTE													
		3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10									
M-01		100.0	81.0	58.3	1.5	0.8	10.7	5.0	0.047	97.7	92.7	8.7	2.716	83.5	1.547

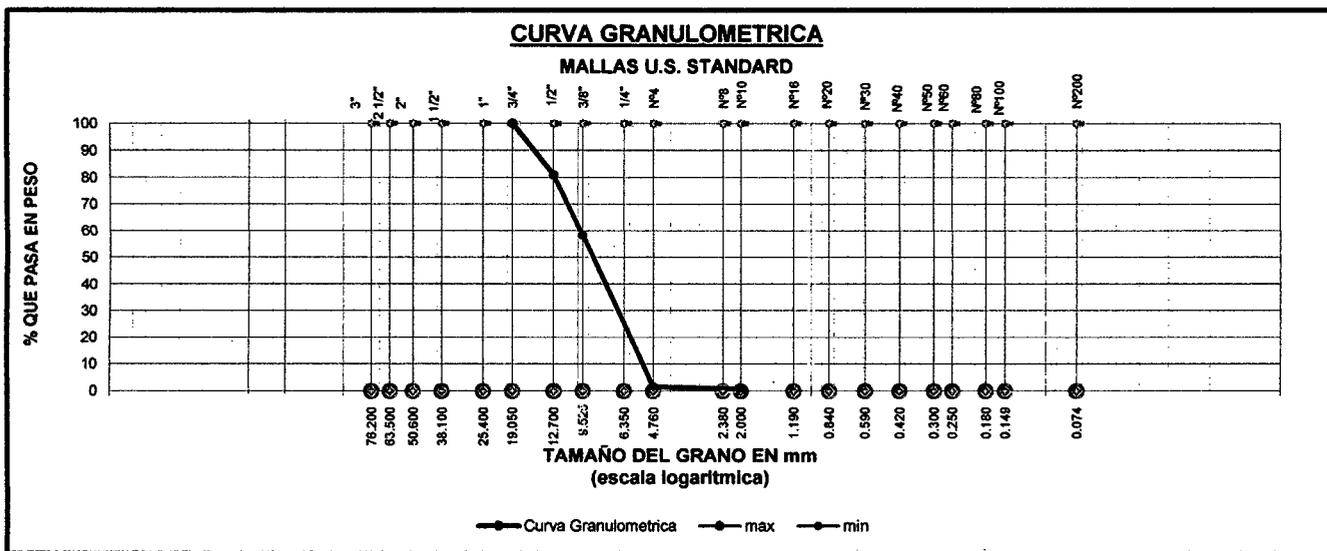
ANALISIS GRANULOMETRICO INTEGRAL POR TAMIZADO

NORMA AASHTO T-27, ASTM D422

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000
MATERIA : Piedra Chancada para Asfalto
CANTERA : Ccotaquite
UBICACION : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.
MUESTRA : M-1

Proyecto : Tesis
Para Optar Título : Ing. Civil
Páginas : 01-01
Realizado por : Bach. D.J.T.M
Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2 "	63.500						
2"	50.600						% de Humedad : %
1 1/2 "	38.100						Peso Mat. Hum. : gr.
1"	25.400						Peso Mat. Seco : 3044 gr.
3/4"	19.050				100.0		
1/2"	12.700	577.0	19.0	19.0	81.0		
3/8"	9.525	692.0	22.7	41.7	58.3		
1/4"	6.350						
Nº 4	4.760	1730.0	56.8	98.5	1.5		
Nº 8	2.380						
Nº 10	2.000	20.6	0.7	99.2	0.8		
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590						OBSERVACIONES:
Nº 40	0.420						
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.149						
Nº 200	0.074						
PAN		24.4	0.8	100.0			



ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)
(NORMA MTC-207,ASTM C-131, AASHTO T-96)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	: Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	: Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	: Piedra Chancada para Asfalto	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
CANTERA	: Cootaquite	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
UBICACIÓN	: Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

ACOPIO	:
MUESTRA	: M-1

TAMIZ	GRADUACIONES			
	A	B	C	D
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"		2502		
3/8"		2500		
1/4"				
Nº 4				
PESO TOTAL		5002		
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO		4465		
PESO OBTENIDO		537		
Nº DE ESFERAS		11		
PESO DE LAS ESFERAS		4564.5		
PORCENTAJE OBTENIDO		10.7		

Observaciones : _____

ENSAYO DE DURABILIDAD

(NORMA AASHTO T-104)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	: Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	: Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	: Piedra Chancada para Asfalto	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
CANTERA	: Cootaquite	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
UBICACIÓN	: Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

ACOPIO :
MUESTRA : M-1
PROF. (m) :

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	RECIPIENTE Nº	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"								
1"	3/4"								
3/4"	1/2"	670	1	331.4	316.0	15.4	4.65	19.0	0.88
1/2"	3/8"	330	2	300.7	284.0	16.7	5.55	22.7	1.26
3/8"	Nº 4	300	3	300.4	285.3	15.1	5.03	56.8	2.86
TOTALES				932.5	885.3			98.5	5.0%

OBSERVACIONES :

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS
(NORMA MTC E-219)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente 1 Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Piedra Chancada para Asfalto	Páginas : 01-01
CANTERA : Ccotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA : M-1	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

AGREGADO GRUESO

MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
(1) Peso de matraz	138.59	137.89			
(2) Peso de matraz + agua + sal	180.60	201.58			
(3) Peso de matraz + sal	138.61	137.92			
(4) Peso de sal (3-1)	0.020	0.030			
(5) Peso de agua (2-3)	41.99	63.66			
(6) Porcentaje de sales (4/5*100)	0.048	0.047			0.047

AGREGADO FINO

MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
(1) Peso de matraz					
(2) Peso de matraz + agua + sal					
(3) Peso de matraz + sal					
(4) Peso de sal (3-1)					
(5) Peso de agua (2-3)					
(6) Porcentaje de sales (4/5*100)					

DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS

(NORMA MTC E-210, ASTM D-5821)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Piedra Chancada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Ccotaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

ACOPIO :
MUESTRA : M-01

A.- CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMI	(g)	(g)	((B/A)*100)		C*D
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1200.0	1196.0	99.7	19.0	1893.7
1/2"	3/8"	300.0	288.0	96.0	22.7	2179.2
TOTAL		1500.0	1485.0	195.7	41.7	4072.9
POCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} \times 100$ = 97.7 %						

B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMI	(g)	(g)	((B/A)*100)		C*D
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1200.0	1166.0	97.2	19.0	1846.2
1/2"	3/8"	300.0	267.0	89.0	22.7	2020.3
TOTAL		1500.0	1433.0	186.2	41.7	3866.5
POCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} \times 100$ = 92.7 %						

Observaciones :

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

(NORMA ASTM D-4791)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : DV. Kishuara - Pte Sahuinto	Para Optar Título : Ing. Civil
CANTERA : Ccotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
MATERIAL : Piedra Chancada para Asfalto	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
PROGRESIVA : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA :	
MUESTRA : M-1	
PROF. (m) :	

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS Y ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)									
3"	76.200									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050			100.0						
1/2"	12.700	683.0	28.3	71.7	121.0	17.7	5.0	562.0	82.3	23.3
3/8"	8.750	1728.0	71.7	28.3	88.0	5.1	3.6	1640.0	94.9	68.0
	TOTAL	2411.0	100.0		209.0		8.7	2202.0		91.3

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	2411.0	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	8.7	

OBSERVACIONES:

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 - km.359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Piedra Chancada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Ccotaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
PROGRESIV : Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : Ccotaquite
MUESTRA : M-01
PROF. (m) :

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)					
B	Peso Frasco + agua					
C	Peso Frasco + agua + A (gr)					
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)					
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)					
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)					
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)					PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E					
	Pe bulk (Base saturada) = A/E					
	Pe aparente (Base Seca) = F/G					
	% de absorción = ((A - F)/F)*100					

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	1439.6	1443.4	1442.1		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	913.8	916.6	915.6		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	525.8	526.8	526.5		
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1427.1	1431.0	1430.1		
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)	513.3	514.4	514.5		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.714	2.716	2.716		2.716
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.738	2.740	2.739		2.739
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.780	2.782	2.780		2.781
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.876	0.867	0.839		0.86

Observaciones:

INDICE DE DURABILIDAD

(NORMA AASHTO T-210)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 - km.359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
CANTERA : Ccotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
MATERIAL : Piedra Chancada para Asfalto	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
PROGRESIV : Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

AGREGADO FINO

MATERIAL : AGREGADO FINO MUESTRA : M-1		IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm					
Hora de entrada a saturación						
Hora de salida de saturación (mas 10")						
Hora de entrada a decantación						
Hora de salida de decantación (mas 20")						
Altura máxima de material fino	mm					
Altura máxima de la arena	mm					
Indice de Durabilidad	%					

AGREGADO GRUESO

MATERIAL : AGREGADO GRUESO MUESTRA : M-1 PROGRESIV : KM 00+000		IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 200)	mm	0.075	0.075			
Hora de entrada agitación		11:50	11:52			
Hora de salida de agitación (mas 10')		12:00	12:02			
Hora de entrada a decantación		12:02	12:04			
Hora de salida de decantación (mas 20')		12:22	12:24			
Altura de sedimentación	Pulg.	0.50	0.60			
Indice de durabilidad (Tabla)	%	85	82			83.5

Observaciones:

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	: Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	: Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	: Piedra Chancada para Asfalto	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
CANTERA	: Ccotaquite	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
PROGRESIV	: Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

Peso Unitario Suelto : 1.547 Kg./m3

Peso Unitario Compactado : Kg./m3

PESO UNITARIO SUELTO

PESO DE LA MUESTRA + MOLDE	5172	5173	5177	
PESO DEL MOLDE	3714	3714	3714	
PESO NETO DE LA MUESTRA	1458	1459	1463	
VOLUMEN DEL MOLDE	944	944	944	
PESO UNITARIO	1.544	1.546	1.550	
PROMEDIO	1.547			

PESO UNITARIO COMPACTADO

PESO DE LA MUESTRA + MOLDE				
PESO DEL MOLDE				
PESO NETO DE LA MUESTRA				
VOLUMEN DEL MOLDE				
PESO UNITARIO				
PROMEDIO				

ENSAYO DE ADHERENCIA AGREGADO - BITUMEN

(MTC E-321, ASIM D 3023)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 - km.359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
CANTERA : Ccotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
MATERIAL : Mezcla de Combinacion Mac-2	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
PROGRESIV/ : Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

MUESTRA	Sin aditivo	0.5% M. 5000	0.75% M. 5000	1.0% M.5000
CANTERA	Ccotaquite	Ccotaquite	Ccotaquite	Ccotaquite
UBICACIÓN	Km 301+600	Km 301+600	Km 301+600	Km 301+600
TIPO DE ASFALTO (GRADO DE PENETRACION)	PEN 120/150	PEN 120/150	PEN 120/150	PEN 120/150
RECUBRIMIENTO (%)	-95%	95%	97%	98%
PORCENTAJE ESPECIFICADO	>95%	>95%	>95%	>95%
PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO	-95%	95%	97%	98%
OBSERVACIONE PEN.120/150				

**ANEXO B: PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL
AGREGADO FINO**

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente l Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIA : Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto	Páginas : 01-01
CANTERA : Cootaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
LADO : Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

RESUMEN DE ENSAYOS DE ARENA NATURAL PARA ASFALTO < 3/16"

MUESTRA	FECHA	ANALISIS GRANULOMETRICO										EQUIVALENTE ARENA	LP MALLA #40	LP MALLA #200	INDICE DURABILIDAD	DURABILIDAD	SALES SOLUBLES	GRAVEDAD ESPECIFICA	ANGULARIDAD	PESO UNITARIO SUELTO	
		% PASANTE																			
		3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 40	N° 50	N° 80	N° 100										N° 200
M-1		100,0	99,5	77,3	72,2	59,5	41,1	32,9	24,9	14,1	11,6	5,5	66	NP	-	72,0	4,1	0,088	2,775	40,4	1,643

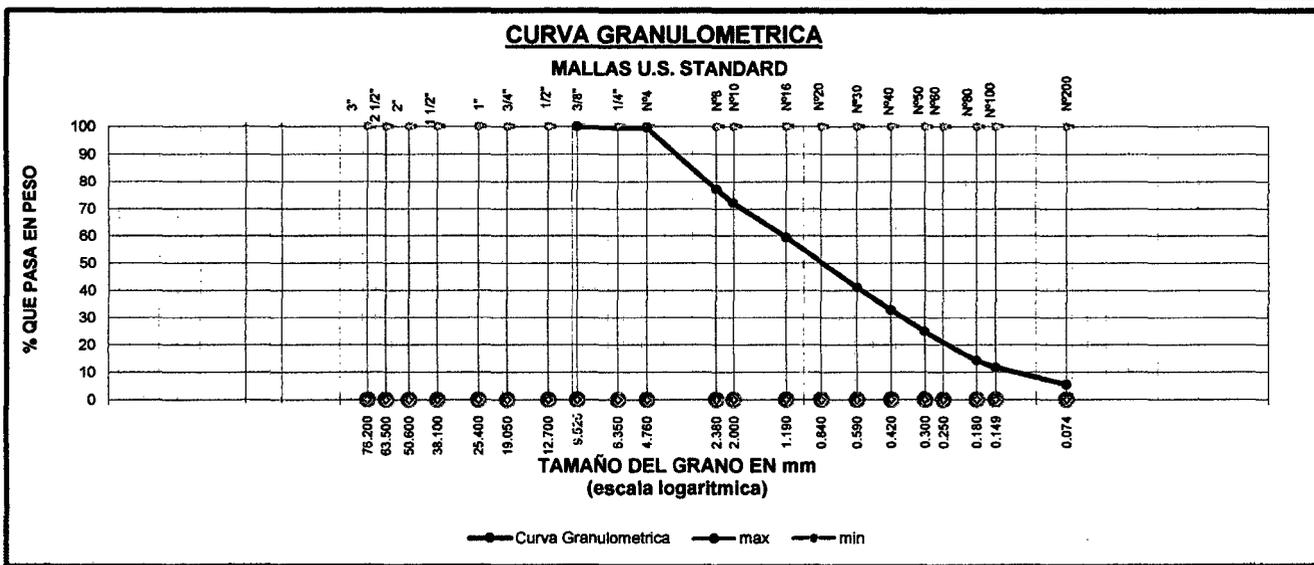
ANALISIS GRANULOMETRICO INTEGRAL POR TAMIZADO

NORMA AASHTO T-27, ASTM D422

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000
MATERIA : Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto
CANTERA : Ccotaquite
UBICACION : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.
MUESTRA : M-1

Proyecto : Tesis
Para Optar Título : Ing. Civil
Páginas : 01-01
Realizado por : Bach. D.J.T.M
Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2 "	63.500						
2"	50.600						% de Humedad : %
1 1/2 "	38.100						Peso Mat. Hum. : gr.
1"	25.400						Peso Mat. Seco : 710.0 gr.
3/4"	19.050						Modulo Fineza :
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.0		
1/4"	6.350						
Nº 4	4.760	3.2	0.5	0.5	99.5		
Nº 8	2.380	158.0	22.3	22.7	77.3		
Nº 10	2.000	36.1	5.1	27.8	72.2		
Nº 16	1.190	90.0	12.7	40.5	59.5		
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590	131.0	18.5	58.9	41.1		OBSERVACIONES:
Nº 40	0.420	58.3	8.2	67.1	32.9		
Nº 50	0.300	56.6	8.0	75.1	24.9		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180	76.7	10.8	85.9	14.1		
Nº 100	0.149	17.4	2.5	88.4	11.6		
Nº 200	0.074	43.5	6.1	94.5	5.5		
PAN		39.2	5.5	100.0			



EQUIVALENTE DE ARENA
(NORMA MTC E-114, ASTM D-2419, AASHTO T-176)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Natural Zarandeada y Lavada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Ccotaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

ACOPIO : MUESTRA : M-01		IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3		
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.75	4.75	4.75		
Hora de entrada a saturación		10:59	11:01	11:03		
Hora de salida de saturación (mas 10")		11:09	11:11	11:13		
Hora de entrada a decantación		11:11	11:13	11:15		
Hora de salida de decantación (mas 20")		11:31	11:33	11:35		
Altura máxima de material fino		6.4	6.7	6.5		
Altura máxima de la arena		4.3	4.4	4.2		
Equivalente de Arena	%	67	66	65		66

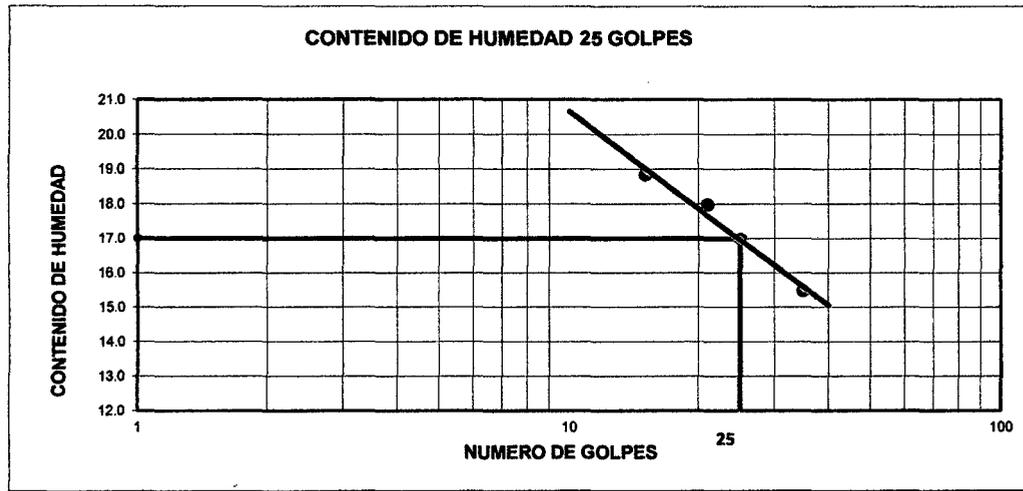
Observaciones: _____

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - ASTM D 423 / ASTM D 424

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto # 40	Páginas : 01-01
CANTERA : Cootaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓ : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA : M-03	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	15	21	35				
Nº DE GOLPES	15	21	35				
TARRO Nº	10	12	14				
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA ¹ gr	45.82	43.16	40.75				
PESO DEL SUELO SECO + TARA gr	42.00	39.85	38.15			NP	
PESO DE LA TARA gr	21.72	21.44	21.35				
PESO DEL AGUA gr	3.82	3.31	2.60				
PESO DEL SUELO SECO gr	20.28	18.41	16.80				
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.84	17.98	15.48				

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
LIMITE LIQUIDO 17.00 %	material se desliza en la cazuela a un numero de golpes inferior a 25, por lo tanto no es
LIMITE PLÁSTICO NP	aplicable el ensayo y se considera que el material es NP.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD NP	



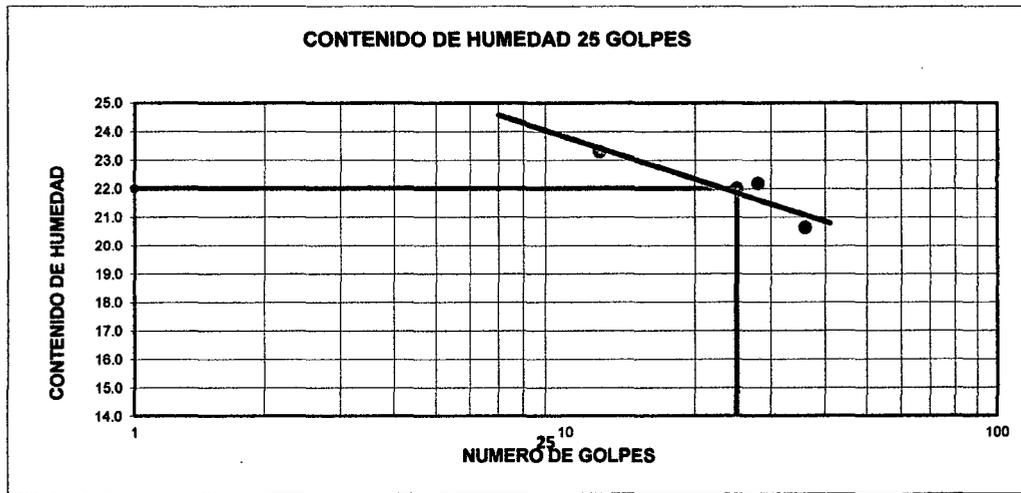
DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

MTC E 111 - ASTM D 423 / ASTM D 424

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto # 200	Páginas : 01-01
CANTERA : Ccotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA : M-24	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
Nº DE GOLPES	12	28	36				
TARRO Nº	14	21	12		16	6	
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA ^a gr	42.78	40.29	41.40		30.99	32.37	
PESO DEL SUELO SECO + TARA gr	38.74	36.91	37.99		29.30	30.39	
PESO DE LA TARA gr	21.40	21.67	21.47		21.62	21.14	
PESO DEL AGUA gr	4.04	3.38	3.41		1.69	1.98	
PESO DEL SUELO SECO gr	17.34	15.24	16.52		7.68	9.25	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	23.30	22.18	20.64		22.01	21.41	

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
LIMITE LIQUIDO 22.00 %	
LIMITE PLÁSTICO 22.00 %	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD 0.00 %	



INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO

MTC E 214 - AASHTO T 210

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesls
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto	Páginas : 01-01
CANTERA : Ceotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓ : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA :	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

Tamaño máximo de la muestra : Malla N° 4 (4.75 mm.)

Probeta N°		1	2	3	
Hora de entrada a saturación		14:25	14:27	14:29	
Hora de salida de saturación (mas 10")		14:35	14:37	14:39	
Hora de entrada a decantación		14:37	14:39	14:41	
Hora de salida de decantación (mas 20")		14:57	14:59	15:01	
Altura máxima de material fino	pulg.	4.6	4.7	4.6	
Altura máxima de la arena	pulg.	3.4	3.3	3.2	
Indice de Durabilidad de Arena	%	73.9	70.2	69.6	
Promedio Indice de Durabilidad de Arena :		72.0 %			

OBSERVACIONES:

ENSAYO DE DURABILIDAD

(NORMA AASHTO T-104)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Natural Zarandeada y Lavada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Cootaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

ACOPIO :
MUESTRA :
PROF. (m) :

AGREGADO FINO

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
3/8"	N° 04	300	1	301.0	293.0	8.0	2.66	11.7	0.31
N° 04	N° 08	100	2	100.0	95.0	5.0	5.00	19.6	0.98
N° 08	N° 16	100	3	100.0	94.0	6.0	6.00	11.3	0.68
N° 16	N° 30	100	4	100.0	95.0	5.0	5.00	16.6	0.83
N° 30	N° 60	100	5	100.0	93.4	6.6	6.60	7.1	0.47
N° 60	N° 100	100	6	100.0	93.0	7.0	7.00	11.8	0.83
TOTALES				801.0				78	4.1%

OBSERVACIONES :

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS
(NORMA MTC E-219)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	: Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	: Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente l Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	: Arena Zarandeada y lavada para Asfalto	Páginas	: 01-01
CANTERA	: Ccotaquite	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
UBICACIÓN	: Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
ACOPIO	:	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

AGREGADO GRUESO

MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
(1) Peso de matraz					
(2) Peso de matraz + agua + sal					
(3) Peso de matraz + sal					
(4) Peso de sal (3-1)					
(5) Peso de agua (2-3)					
(6) Porcentaje de sales (4/5*100)					

AGREGADO FINO

MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
(1) Peso de matraz	112.74	109.93			
(2) Peso de matraz + agua + sal	170.31	174.25			
(3) Peso de matraz + sal	112.78	109.99			
(4) Peso de sal (3-1)	0.048	0.059			
(5) Peso de agua (2-3)	57.53	64.26			
(6) Porcentaje de sales (4/5*100)	0.083	0.092			0.088

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 - km.359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Piedra Chancada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Cootaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
PROGRESIV : Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : Cootaquite
MUESTRA : M-01
PROF. (m) :

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0	500.0		
B	Peso Frasco + agua	697.6	697.7	697.5		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1197.6	1197.7	1197.5		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	1019.0	1019.1	1019.0		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	178.6	178.6	178.5		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	495.6	495.5	495.7		
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	174.2	174.1	174.2		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.775	2.774	2.777		2.775
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.800	2.800	2.801		2.800
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.845	2.846	2.846		2.846
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.888	0.908	0.867		0.89

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)					
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)					
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)					
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)					
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)					
	Pe bulk (Base seca) = D/C					
	Pe bulk (Base saturada) = A/C					
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E					
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)					

Observaciones:

ANGULARIDAD DE LA ARENA

MTC E- 222

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	DV. Kishuara - Pte Sahuinto	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
CANTERA	Ccotaquite	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
PROGRESIVA	Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA	Ccotaquite
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	

PESO VOLUMETRICO SUELTO

MTC E- 203

Nº	Ensayo	1	2	3	Promedio
1	Peso Material + Molde (grs)	5269	5273	5275	
2	Peso Del Molde (grs)	3714	3714	3714	
3	Peso Neto Del Material (grs)	1555	1559	1561	
4	Volumen Del Molde (cc)	944	944	944	
5	Peso Unitario (gr/cc)	1.647	1.651	1.654	1.651

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

Agregado fino MTC E- 205

Nº	Ensayo	1	2	3	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	697.8	697.6	706.1	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1197.8	1197.6	1206.1	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	1019.3	1018.0	1027.4	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	178.5	179.6	178.7	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	495.5	495.5	495.6	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	174.0	175.1	174.3	
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.776	2.759	2.773	2.767
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.801	2.784	2.798	2.793
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.848	2.830	2.843	2.839
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.908	0.908	0.888	0.908

ANGULARIDAD DE LA ARENA

MTC E- 222

Nº	Ensayo	1	2	3	Promedio
1	Peso Especifico Seco (Gsb)	2.767	2.767	2.767	
2	Volumen de Molde(V)	944	944	944	
3	Peso de material en el molde (w)	1555	1559	1561	
4	Angularidad de agregado fino %	40.5	40.3	40.2	40.4

Observaciones

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	: Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	: Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	: Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
CANTERA	: Ccotaquite	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
PROGRESIV	: Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

Peso Unitario Suelto : 1.643 Kg/m3

Peso Unitario Compactado : Kg/m3

PESO UNITARIO SUELTO

PESO DE LA MUESTRA + MOLDE	5264	5263	5267	
PESO DEL MOLDE	3714	3714	3714	
PESO NETO DE LA MUESTRA	1550	1549	1553	
VOLUMEN DEL MOLDE	944	944	944	
PESO UNITARIO	1.642	1.641	1.645	
PROMEDIO	1.643			

PESO UNITARIO COMPACTADO

PESO DE LA MUESTRA + MOLDE				
PESO DEL MOLDE				
PESO NETO DE LA MUESTRA				
VOLUMEN DEL MOLDE				
PESO UNITARIO				
PROMEDIO				

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tests
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIA : Arena Chancada lavada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Ccotaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

RESUMEN DE ENSAYOS DE ARENA CHANCADA PROVENIENTE DE LAVADO PARA ASFALTO < 3/16"

MUESTRA	FECHA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO											EQUIVALENTE ARENA	I.P. MALLA #40	I.P. MALLA #200	ÍNDICE DURABILIDAD	DURABILIDAD	SALES SOLUBLES	GRAVEDAD ESPECÍFICA	ANGULARIDAD	PESO UNITARIO SUELTO
		% PASANTE																			
		3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 10	Nº 16	Nº 30	Nº 40	Nº 50	Nº 80	Nº 100	Nº 200									
M-01		100.0	100.0	75.1	68.9	54.2	38.1	30.8	26.1	20.2	18.6	12.1	75	NP	NP	79.0	5.4	0.89	0.867	43.3	1.653

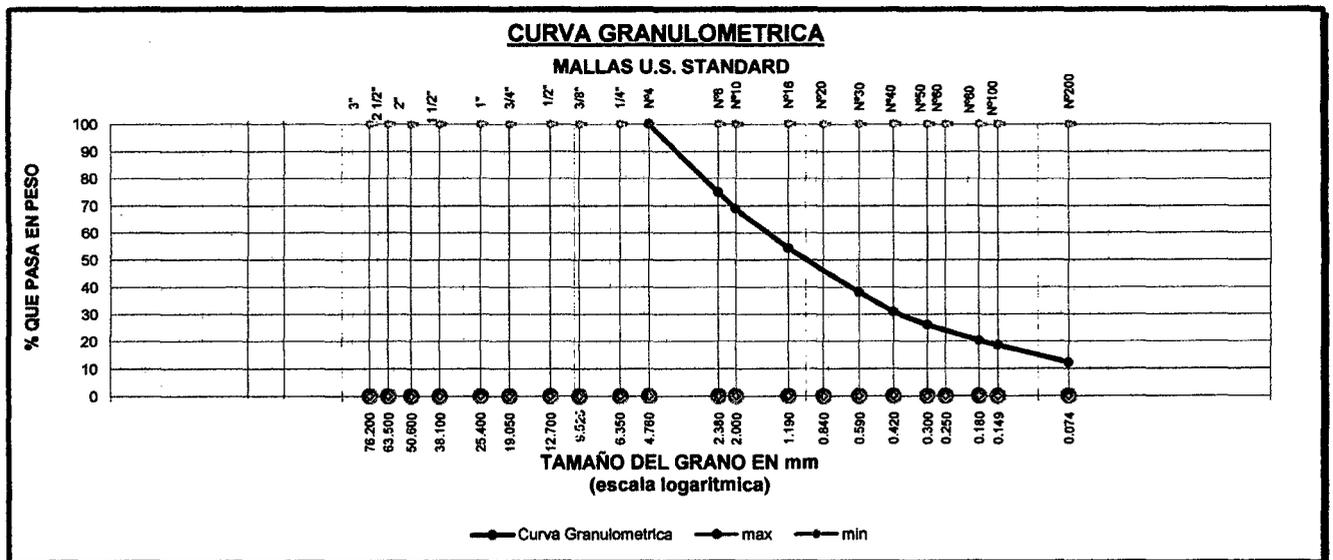
ANALISIS GRANULOMETRICO INTEGRAL POR TAMIZADO

NORMA AASHTO T-27, ASTM D422

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente 1 Km. 309+728 al Km. 359+000
MATERIA : Arena Chancada Lavada para Asfalto
CANTERA : Cotaquite
CANTERA : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.
MUESTRA : M-1

Proyecto : Tesis
Para Optar Título : Ing. Civil
Páginas : 01-01
Realizado por : Bach. D.J.T.M
Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2 "	63.500						
2"	50.600						% de Humedad : %
1 1/2 "	38.100						Peso Mat. Hum. : gr.
1"	25.400						Peso Mat. Seco : 800.0 gr.
3/4"	19.050						Modulo Fineza :
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
Nº 4	4.760				100.0		
Nº 8	2.380	199.5	24.9	24.9	75.1		
Nº 10	2.000	49.6	6.2	31.1	68.9		
Nº 16	1.190	117.1	14.6	45.8	54.2		
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590	129.3	16.2	61.9	38.1		OBSERVACIONES:
Nº 40	0.420	57.9	7.2	69.2	30.8		
Nº 50	0.300	37.7	4.7	73.9	26.1		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180	47.0	5.9	79.8	20.2		
Nº 100	0.149	12.8	1.6	81.4	18.6		
Nº 200	0.074	52.5	6.6	87.9	12.1		
PAN		96.6	12.1	100.0			



EQUIVALENTE DE ARENA
(NORMA MTC E-114, ASTM D-2419, AASHTO T-176)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Chancada Lavada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Ccotaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

ACOPIO : MUESTRA : M-01	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.75	4.75	4.75	
Hora de entrada a saturación		17:43	17:45	17:47	
Hora de salida de saturación (mas 10")		17:53	17:55	17:57	
Hora de entrada a decantación		17:55	17:57	17:59	
Hora de salida de decantación (mas 20")		18:15	18:17	18:19	
Altura máxima de material fino		5.1	5.0	5.1	
Altura máxima de la arena		3.8	3.8	3.8	
Equivalente de Arena	%	75	76	75	75

Observaciones: _____

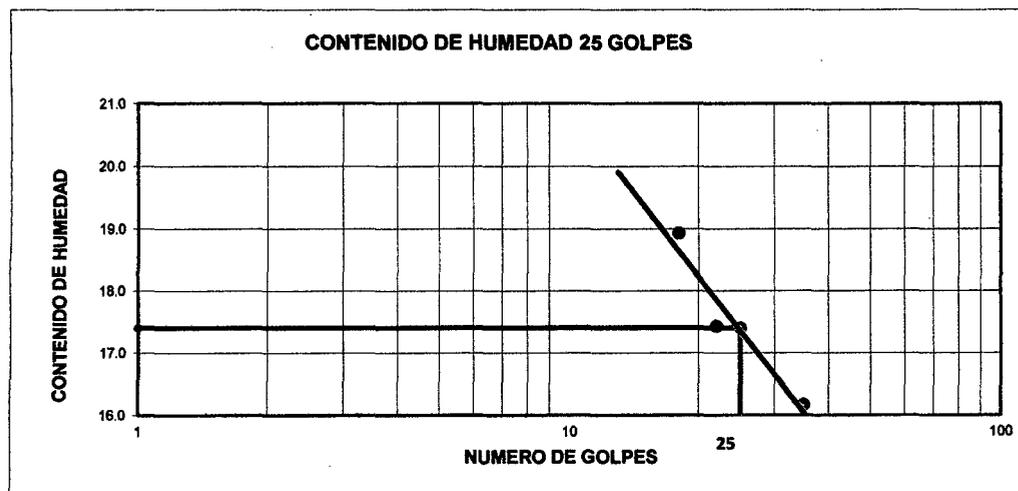
DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

MTC E 111 - ASTM D 423 / ASTM D 424

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Chancada Lavada para Asfalto # 40	Páginas : 01-01
CANTERA : Cootaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA : M-01	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
Nº DE GOLPES	18	22	35				
TARRO Nº	3	4	5				
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA gr	46.62	42.75	44.85				
PESO DEL SUELO SECO + TARA gr	43.25	40.05	42.15			NP	
PESO DE LA TARA gr	25.45	24.56	25.45				
PESO DEL AGUA gr	3.37	2.70	2.70				
PESO DEL SUELO SECO gr	17.80	15.49	16.70				
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.93	17.43	16.17				

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
LIMITE LIQUIDO 17.40 %	material se destiza en la cazuela a un numero de golpes inferior a 25, por lo tanto no es
LIMITE PLÁSTICO NP	aplicable el ensayo y se considera que el material es NP.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD NP	



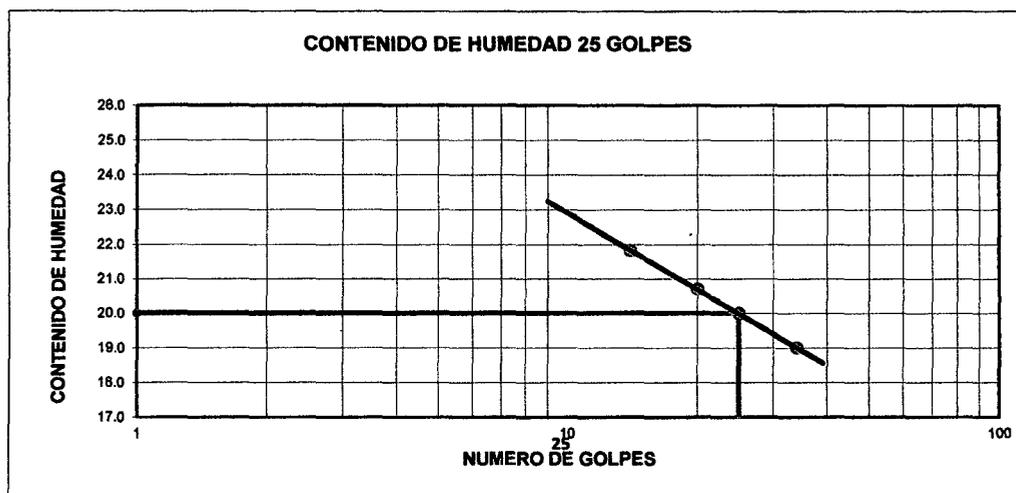
DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

MTC E 111 - ASTM D 423 / ASTM D 424

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Chancada Lavada para Asfalto # 200	Páginas : 01-01
CANTERA : Cootaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA : M-01	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
N° DE GOLPES	34	20	14				
TARRO N°	10	15	20				
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO gr	51.75	59.45	54.46				
PESO DEL SUELO SECO + TARA gr	48.28	54.40	51.00				
PESO DE LA TARA gr	30.02	30.02	35.15				
PESO DEL AGUA gr	3.47	5.05	3.46				
PESO DEL SUELO SECO gr	18.26	24.38	15.85				
CONTENIDO DE HUMEDAD %	19.00	20.71	21.83				

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
LIMITE LIQUIDO 20.00 %	
LIMITE PLÁSTICO NP	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD NP	



INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO

MTC E 214 - AASHTO T 210

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Chancada Lavada para Asfalto	Páginas : 01-01
CANTERA : Cotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓ : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA : M-01	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

Tamaño máximo de la muestra : Malla N° 4 (4.75 mm.)

Probeta N°		1	2	3	
Hora de entrada a saturación		15:11	15:13	15:15	
Hora de salida de saturación (mas 10")		10:45	15:23	15:25	
Hora de entrada a decantación		10:47	15:25	15:27	
Hora de salida de decantación (mas 20")		11:07	15:45	15:47	
Altura máxima de material fino	pulg.	4.8	4.7	4.7	
Altura máxima de la arena	pulg.	3.7	3.7	3.7	
Indice de Durabilidad de Arena	%	77.1	78.7	78.7	

Promedio Indice de Durabilidad de Arena :

79.0 %

OBSERVACIONES:

ENSAYO DE DURABILIDAD

(NORMA AASHTO T-104)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tests
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Chancada Lavada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Ccoataquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

ACOPIO :
MUESTRA : M-01
PROF. (m) :

AGREGADO FINO

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
3/8"	N° 04	300	1						
N° 04	N° 08	100	2	100.0	94.4	5.6	5.60	31.1	1.74
N° 08	N° 16	100	3	100.0	93.2	6.8	6.80	22.3	1.52
N° 15	N° 30	100	4	100.0	94.1	5.9	5.90	11.0	0.65
N° 30	N° 60	100	5	100.0	93.4	6.6	6.60	12.7	0.84
N° 60	N° 100	100	6	100.0	93.5	6.5	6.50	9.8	0.64
TOTALES				600.0				95	5.4%

OBSERVACIONES :

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS
(NORMA MTC E-219)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente l Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Arena Chancada Lavada para Asfalto	Páginas : 01-01
CANTERA : Ccotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
UBICACIÓN : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA : M-01	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

AGREGADO GRUESO

MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
(1) Peso de matraz					
(2) Peso de matraz + agua + sal					
(3) Peso de matraz + sal					
(4) Peso de sal (3-1)					
(5) Peso de agua (2-3)					
(6) Porcentaje de sales (4/5*100)					

AGREGADO FINO

MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
(1) Peso de matraz	50.15	50.19			
(2) Peso de matraz + agua + sal	112.25	106.89			
(3) Peso de matraz + sal	50.68	50.71			
(4) Peso de sal (3-1)	0.530	0.520			
(5) Peso de agua (2-3)	61.57	56.18			
(6) Porcentaje de sales (4/5*100)	0.861	0.926			0.893

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente l Km. 309+728 - km.359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Piedra Chancada para Asfalto	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Ccotaquite	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
PROGRESIV : Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : Ccotaquite
MUESTRA : M-01
PROF. (m) :

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0	500.0		
B	Peso Frasco + agua	663.0	697.6	697.6		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1163.0	1197.6	1197.6		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	983.6	1018.7	1018.6		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	179.4	178.9	179.0		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	495.6	495.7	495.8		
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	175.0	174.6	174.8		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.763	2.771	2.770		2.768
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.787	2.795	2.793		2.792
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.832	2.839	2.836		2.836
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.888	0.867	0.847		0.87

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)					
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)					
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)					
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)					
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)					PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C					
	Pe bulk (Base saturada) = A/C					
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E					
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)					

Observaciones:

ANGULARIDAD DE LA ARENA

MTC E- 222

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	DV. Kishuara - Pte Sahuinto	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	Arena Natural Zarandeada y Lavada Para Asfalto	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
CANTERA	Ccotaquite	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
PROGRESIVA	Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA	Ccotaquite
MUESTRA	M-01
PROF. (m)	

PESO VOLUMETRICO SUELTO

MTC E- 203

N°	Ensayo	1	2	3	Promedio
1	Peso Material + Molde (grs)	5212	5206	5210	
2	Peso Del Molde (grs)	3714	3714	3714	
3	Peso Neto Del Material (grs)	1498	1492	1496	
4	Volumen Del Molde (cc)	944	944	944	
5	Peso Unitario (gr/cc)	1.587	1.581	1.585	1.584

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

Agregado fino MTC E- 205

N°	Ensayo	1	2	3	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	697.7	697.8	706.3	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1197.7	1197.8	1206.3	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	1020.9	1019.8	1028.8	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	176.8	178.0	177.5	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	495.4	495.7	495.8	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	172.2	173.7	173.3	
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.802	2.785	2.793	2.793
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.828	2.809	2.817	2.819
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.877	2.854	2.861	2.865
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.929	0.867	0.847	0.898

ANGULARIDAD DE LA ARENA

MTC E- 222

N°	Ensayo	1	2	3	Promedio
1	Peso Especifico Seco (Gsb)	2.793	2.793	2.793	
2	Volumen de Molde(V)	944	944	944	
3	Peso de material en el molde (w)	1498	1492	1496	
4	Angularidad de agregado fino %	43.2	43.4	43.3	43.3

Observaciones

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA	: Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto	: Tesis
TRAMO	: Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título	: Ing. Civil
MATERIAL	: Arena Chancada Lavada para Asfalto	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
CANTERA	: Ccotaquite	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
PROGRESIV	: Km. 301+600 acceso 2.500 Km. L/Der.	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

Peso Unitario Suelto : 1.653 Kg/m3

Peso Unitario Compactado : Kg/m3

PESO UNITARIO SUELTO

PESO DE LA MUESTRA + MOLDE	5272	5273	5277	
PESO DEL MOLDE	3714	3714	3714	
PESO NETO DE LA MUESTRA	1558	1559	1563	
VOLUMEN DEL MOLDE	944	944	944	
PESO UNITARIO	1.650	1.651	1.656	
PROMEDIO	1.653			

PESO UNITARIO COMPACTADO

PESO DE LA MUESTRA + MOLDE				
PESO DEL MOLDE				
PESO NETO DE LA MUESTRA				
VOLUMEN DEL MOLDE				
PESO UNITARIO				
PROMEDIO				

**ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS
(PROCEDIMIENTO RIEDEL-WEBER)
MTC E 220 – 2000**

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay	Proyecto : Tesis
TRAMO : Dv. Kishuara - Puente Sahuinto Frente I Km. 309+728 al Km. 359+000	Para Optar Título : Ing. Civil
MATERIAL : Mezclas de Arenas Asfalto	Páginas : 01-01
CANTERA : Cotaquite	Realizado por : Bach. D.J.T.M
CANTERA : Km. 301+600 acceso a 2.500 Km. L/Der.	Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
MUESTRA :	Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

Concentración de Na ₂ CO ₃			SIN ADITIVO	MORLIFE 5000		
Nº	Molaridad	g/l	0.00%	0.50 %	0.75 %	1.00 %
1	M/256	0,414	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
2	M/128	0,828	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
3	M/64	1,656	Inicio de desprendimiento	Nulo	Nulo	Nulo
4	M/32	3,312	Parcial	Nulo	Nulo	Nulo
5	M/16	6,625	Parcial	Inicio de desprendimiento	Nulo	Nulo
6	M/8	13,250	Total	Parcial	Inicio de desprendimiento	Nulo
7	M/4	26,500	Total	Parcial	Parcial	Inicio de desprendimiento
8	M/2	53,000	Total	Parcial	Parcial	Parcial
9	M/1	106,000	Total	Parcial	Parcial	Parcial
INDICE DE ADHESIVIDAD			3 - 10	5 - 10	6 - 10	7 - 10

OBSERVACIONES : _____

ANEXO C: PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFÁLTICO


REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFALTICO

LOTE No. 120/150-002-06-2014

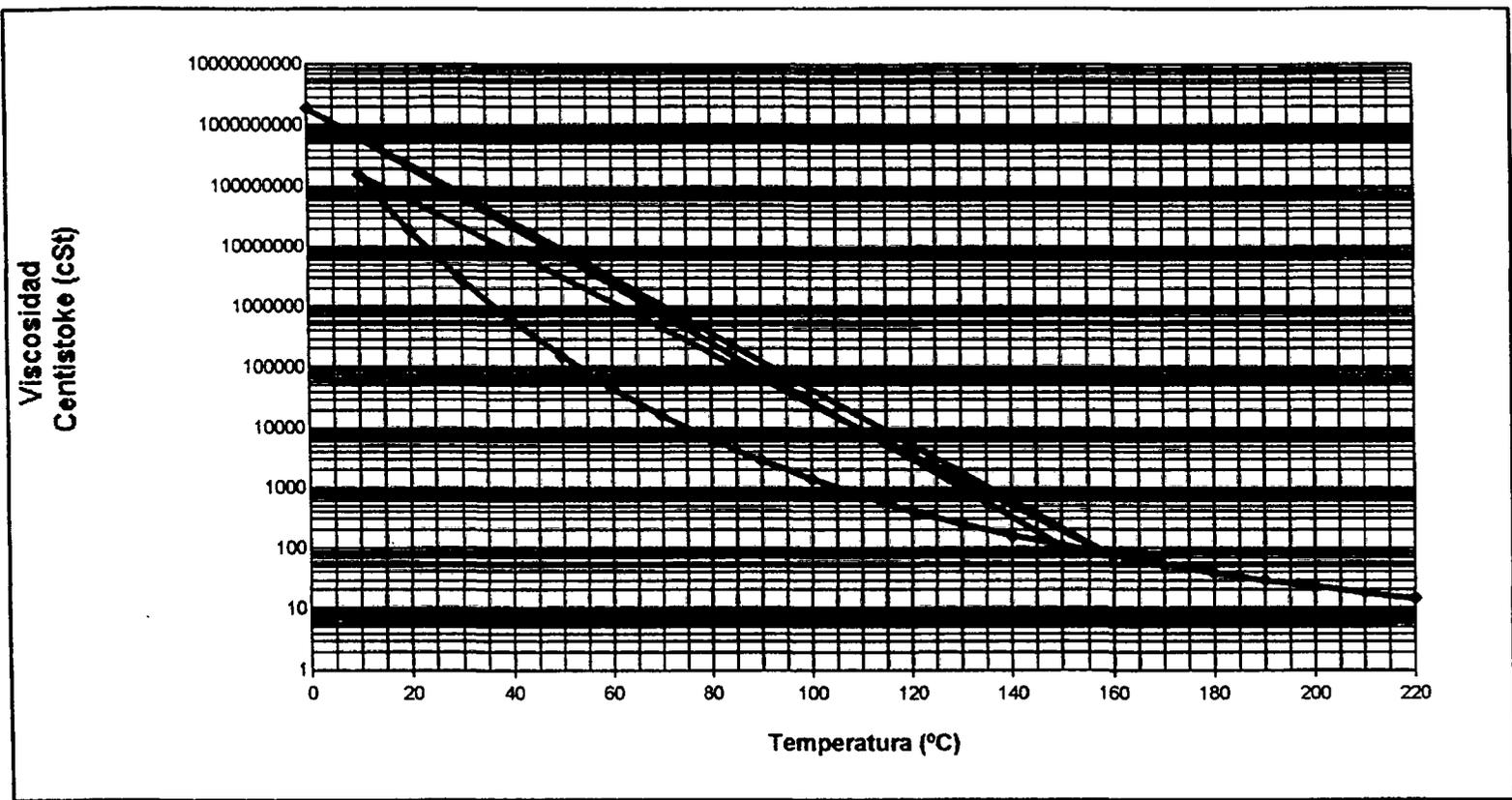
REFINERÍA LA PAMPILLA	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE CERTIFICACIÓN
Carretera a Ventanilla km 25 S/N Ventanilla, Lima - Perú	04/06/2014 11:32:12	05/06/2014 14:09:25
PRODUCTO	TANQUE	DESTINO DEL PRODUCTO
Cemento Asfáltico 120/150	332B	Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA	VOLÚMEN CERTIFICADO, m³	BUQUE TANQUE
Almacenamiento	934	
PROPIEDADES	MÉTODOS	RESULTADOS
	ASTM/OTROS	
PENETRACIÓN		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	133
DUCTILIDAD		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 105
VOLATILIDAD		
Gravedad Específica a 15.6 °C	D 70 / AASHTO T 228	1.0118
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	302.0
Gravedad API	D 70 / AASHTO T 228	8.3
FLUIDEZ		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	43.5
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D 445	1392
Viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	200
ENSAYOS DE PELÍCULA FINA		
Pérdida por Calentamiento, %m	D 1754 / AASHTO T 179	0.15
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	57.1
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	143.4
SOLUBILIDAD		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.91
OTROS		
Índice de Peneiración	UNE 104-281 / 1-5	-0.3
Ensayo de la Mancha Spot Test	AASHTO T102	35% xlleno, negativo
OBSERVACIONES:		
Producto cumple con las especificaciones ASTM D946/D946M-09a, AASHTO M 20-70 (2004) y NTP 321.051 2002		
DISTRIBUCIÓN :	FECHA DE EMISIÓN	LABORATORIO
Original : Operaciones de despacho Copia 1: Movimiento de Productos Copia 2: Laboratorio	02/07/2014	 PEDRO RAMOS M. Jefe Laboratorio

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL





CA 120/150 PAMPILLA
Lote 120/150-002-06-2014



ANEXO D: PROPIEDADES DE LA CAL HIDRATADA

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 5 5 - 2014-MTC/14.01

SOLICITANTE : CESEL S.A. **MUESTRA** : Cal Hidratada
DOMICILIO LEGAL : Av. José Gálvez Barrenechea N° 646 - San Isidro - Lima **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica
PROYECTO : Supervisión de la Obra: "Rehabilitación y Mantenimiento de la Carretera Ayacucho - Abancay, Tramo Dv. Kishuara - Puente Sahuínto" **CANTIDAD** : 3 kg
REFERENCIA : AF - 2030-020-14 **PRESENTACIÓN** : Bolsa plástica
FECHA DE RECEPCIÓN : 2014.02.17 **FECHA DE ENSAYO** : 2014.02.20

ENSAYOS	NORMA	RESULTADOS
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE CAL HIDRATADA (g/cm³)	ASTM C-110 (2000), Sección 21(*)	2,262
FINEZA DE CAL (% Retenido)	AASHTO T-219-87 (2004)**	
Malla N° 6		0,06
Malla N° 10		0,14
Malla N° 30		0,39
Malla N° 200		

Observaciones :

- (*) Referencia "Standard Test Methods for Physical Testing of Quicklime, Hydrated Lime and Limestone".
- (**) Referencia "Testing Lime for Chemical Constituents and Particle Sizes".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, como procedente de Industrias Mineras Calcareas.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2014.02.17
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI- CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING° CÉSAR A. FERREYROS CORCUERA
 Lima, 24 de Febrero del 2014

USA (1/1)
 cafo/dco
 O.S. N° 048



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel. : 481-3707

Fax : 481-0677



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00002

LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 5 5-2014-MTC/14.01

SOLICITANTE : CESEL S.A. MUESTRA : Cal Hidratada
 DOMICILIO LEGAL : Av. José Gálvez Barrenechea N° 646, Urb. Corpac San Isidro. IDENTIFICACIÓN : Proveedor: Industrias Mineras Calcareas
 PROYECTO : Supervisión de Obra: Rehabilitación y Mantenimiento de la Carretera Ayacucho - Abancay, Tramo: Dv. Kishuara - Puente Sahuinto. CANTIDAD : 3 kg aprox.
 REFERENCIA : Carta AF-2030-020-14 PRESENTACIÓN : Bolsa Plástica
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17.02.2014. FECHA DE ENSAYO : 20.02.2014.

AASHTO T - 219 (2 004)* DETERMINACIÓN QUÍMICA DE LOS COMPONENTES DE LA CAL Y TAMAÑO DE PARTICULAS

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Contenido de Cal Activa Porcentaje en peso de Ca (OH) ₂ más CaO	74,5
2.- Contenido de Cal No Hidratada Porcentaje en peso de CaO	0,0
3.- Contenido de Agua Libre Porcentaje en peso de H ₂ O	1,9

Observaciones:

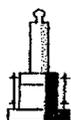
(*) Referencia Testing Lime for Chemical Constituents and Particle Sizes.

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo 17.02.2014.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



LABORATORIO DE ESTUDIOS ESPECIALES
 QUIM. A. MAGUINA A.
 QUIM. ALINA MAGUINA ASTETE
 Lima, 20 de Febrero del 2014

UAQ (1/1)
ama
O.S.N° 048



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677

ANEXO E: PROPIEDADES DEL ADITIVO MORLIFE 5000



Química Solsa Industrial
del Perú S.A.
Calle 15 de Agosto 1500
Lima, Perú
www.qsindustrial.pe

Teléfono: 444 1111
Fax: 444 1111

CERTIFICADO DE CALIDAD

CIUDAD DE DESPACHO	LIMA - PERU
PRODUCTO	MORLIFE 5000
ENVASE	CILINDROS X 181.4 Kg
LOTES	WB12894521
FECHA DE EXPIRACION	02/2015

PROPIEDAD	ESPECIFICACION	LOTE
APARIENCIA	LIQUIDO PARDO - GRIS OSCURO	CONFORME
CARACTERISTICAS:	-----	517.5
. Amina/Valor Base(mg KOH/g)		
. BisHexametilenotriamina (BHMT)	20 - 49 %	35
. Agua %	0 - 1.00 %	0.04
. Hexametilenodiamina (HMD) %	0 - 5.00 %	1.30

OBSERVACIONES:

No almacenar a Temperaturas menores de 10 grados centígrados.

Datos referenciales del producto:

*SOLUBILIDAD AL 10%:

- .En agua: Ligeramente soluble.
- .En gasolina: Insoluble.
- .En alcohol IPA: Soluble

*El presente documento se basa en los resultados indicados en el certificado original de análisis del producto.

*La fecha de expiración es un año en condiciones normales de almacenamiento.

Ing. Frida Remuzgo López
JEFE CONTROL DE CALIDAD





Química Selta Industrial
del Perú SA
Calle 10 de Agosto 1000
Lima 1000
www.oqsi.org.pe

Tel: 511-490 4100
Fax: 511-490 4200

CERTIFICADO DE CALIDAD

CIUDAD DE DESPACHO	LIMA - PERU
PRODUCTO	MORLIFE 5000
ENVASE	CILINDROS X 181.4 Kg
LOTES	WB12894596
FECHA DE EXPIRACION	03/2015

PROPIEDAD	ESPECIFICACION	LOTE
APARIENCIA	LIQUIDO PARDO - GRIS OSCURO	CONFORME
CARACTERISTICAS:	-----	517.5
. Amina/Valor Base(mg KOH/g)		35
. BisHexametenotriamina (BHMT)	20 - 49 %	0.04
. Agua %	0 - 1.00 %	1.30
. Hexametenodiamina (HMD) %	0 - 5.00 %	

OBSERVACIONES:

No almacenar a Temperaturas menores de 10 grados centígrados.

Datos referenciales del producto:

*SOLUBILIDAD AL 10%:

.En agua: Ligeramente soluble.

.En gasolina: Insoluble.

.En alcohol IPA: Soluble

*El presente documento se basa en los resultados indicados en el certificado original de análisis del producto.

*La fecha de expiración es un año en condiciones normales de almacenamiento.

Ing. Frida Remuzgo López
JEFE CONTROL DE CALIDAD



ANEXO F: ENSAYO LOTTMAN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
 TRAMO : Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente 1 km. 309+728 - 356+000
 MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
 UBICACIÓN : km. 309+728 Acceso 10.6 km L. Der

COMPACTACION VARIABLE

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 6.3%						
N° golpes por cara: 10						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1,227.60	1,225.80		
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1,231.00	1,230.00		
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	702.20	699.90		
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	528.80	530.10		
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.32	2.31		
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.57	2.57		
H	% Vacios $100*((F-E)/F)$	%	9.49	9.85		9.67

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 6.3%						
N° golpes por cara: 20						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1,237.20	1,240.20		
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1,239.10	1,242.20		
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	719.00	722.20		
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	520.10	520.00		
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.38	2.39		
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.57	2.57		
H	% Vacios $100*((F-E)/F)$	%	7.26	7.02		7.14

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 6.3%						
N° golpes por cara: 30						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1,223.10	1,227.20		
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1,224.60	1,226.30		
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	719.80	722.20		
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	504.80	504.10		
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.42	2.43		
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.57	2.57		
H	% Vacios $100*((F-E)/F)$	%	5.54	5.09		5.31

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 6.3%						
N° golpes por cara: 40						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1,227.50	1,227.10		
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1,228.70	1,228.50		
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	728.80	727.70		
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	499.90	500.80		
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.46	2.45		
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.57	2.57		
H	% Vacios $100*((F-E)/F)$	%	4.27	4.47		4.37

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
 TRAMO : Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
 MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
 UBICACIÓN : km. 309+728 Acceso 10.6 km L. Der

COMPACTACION VARIABLE

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 6.3%						
N° golpes por cara: 50						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1,234.70	1,240.80		
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1,235.60	1,241.90		
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	735.90	736.70		
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	499.70	505.20		
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.47	2.46		
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.57	2.57		
H	% Vacios 100*((F-E)/F)	%	3.67	4.25		3.96

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 6.3%						
N° golpes por cara: 60						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1,230.60	1,228.80		
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1,231.30	1,229.70		
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	734.40	734.90		
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	496.90	494.80		
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.48	2.48		
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.56	2.56		
H	% Vacios 100*((F-E)/F)	%	3.34	3.07		3.20

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 6.3%						
N° golpes por cara: 75						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1,237.30	1,238.50		
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1,237.70	1,239.10		
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	740.40	742.50		
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	497.30	496.60		
F	Peso Especifico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.49	2.49		
G	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.56	2.56		
H	% Vacios 100*((F-E)/F)	%	2.89	2.66		2.77

Observaciones Mezcla asfáltica en caliente con Cemento asfáltico PEN 120/150

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

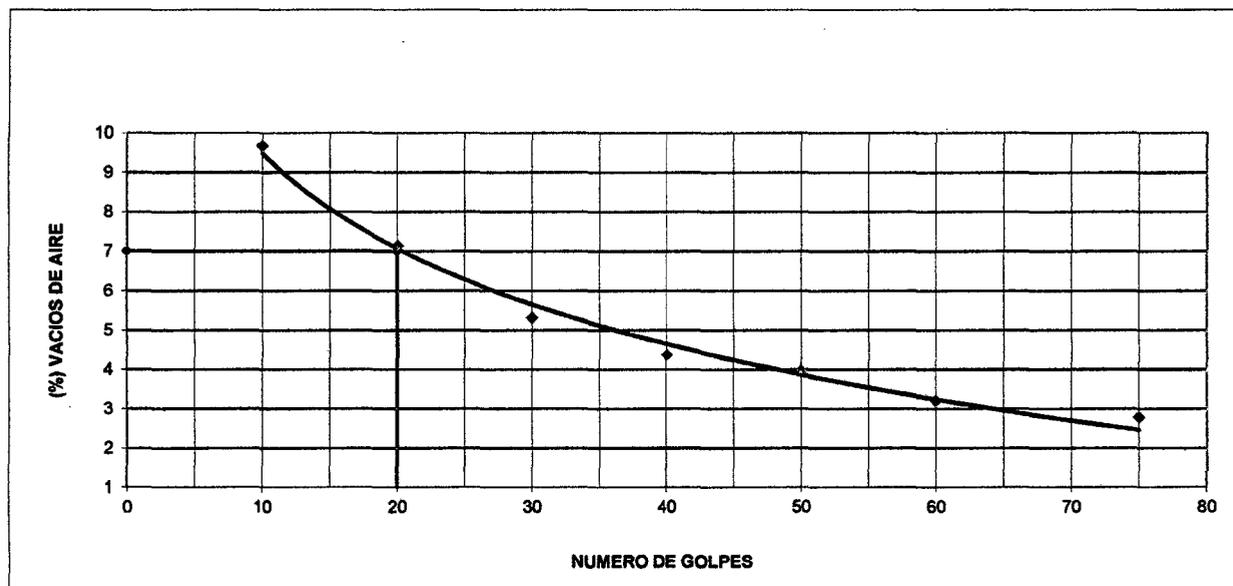
Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
UBICACIÓN : Tramo 309+700 al km 356+000 Acceso 10.6 km L. Der

GRAFICO DE COMPACTACION VARIABLE

Nº golpes	% vacios
75	2.77
60	3.20
50	3.96
40	4.37
30	5.31
20	7.14
10	9.67

Nº golpes	% vacios
20	7.00



Observaciones Mezcla asfáltica en caliente con Cemento asfáltico PEN 120/150

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tesis
Para Optar Título : Ing. Civil
Páginas : 01-01
Realizado por : Bach. D.J.T.M
Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara - Pte Sahuinto Frente I km. 309+700 - 356+000
MATERIAL : Diseño Teórico de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 120-150
UBICACIÓN : km 309+700 Acceso. 10.6 km L. Der

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS) SIN CAL

N° DE PROBETAS		01	02	03	04	05	06
1	Contenido de Cemento Asfáltico	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
2	Peso Probeta al Aire	1233.7	1235.7	1230.9	1228.9	1231.5	1232.3
3	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1234.0	1236.8	1231.4	1229.6	1232.9	1232.9
4	Peso de la Probeta en el Agua	735.9	737.3	733.0	732.6	734.2	735.0
5	Volumen de la Probeta	498.1	499.5	498.4	497.0	498.7	497.9
6	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.477	2.474	2.470	2.473	2.469	2.475
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	377	385	400	215	205	186
8	Estabilidad sin corregir	853	871	904	488	466	423
9	Factor Estabilidad	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
10	Estabilidad corregida (kg)	887	906	941	508	484	440
11	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	911					
12	Promedio Estabilidad (24 Horas)				477		
13	Estabilidad Retenida (%)				52.4		

Observaciones

Mezcla sin aditivo, sin cal

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: SYP-MAR-14
	Fecha de Emis.	: Ing. Civil
	Páginas	: 02 - 04
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pte Sahuinto Frente I km. 309+700 - 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 120-150
UBICACIÓN	: km 309+700 Acceso. 10,6 km L. Der

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS) CON 0.5 CAL

N° DE PROBETAS		01	02	03	04	05	06
1	Contenido de Cemento Asfáltico	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
2	Peso Probeta al Aire	1234.3	1226.8	1230.6	1235.0	1232.5	1229.1
3	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1234.9	1227.6	1231.2	1235.5	1232.8	1230.0
4	Peso de la Probeta en el Agua	736.7	733.6	735.0	737.8	735.8	735.3
5	Volumen de la Probeta	498.2	494.0	496.2	497.7	497.0	494.7
6	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.478	2.483	2.480	2.481	2.480	2.485
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	435	398	450	302	295	197
8	Estabilidad sin corregir	983	900	1016	684	669	448
9	Factor Estabilidad	1.04	1.09	1.04	1.04	1.04	1.09
10	Estabilidad corregida (kg)	1022	981	1057	712	695	488
11	Promedio Estabilidad (30 Minutos)(kg)	1020					
12	Promedio Estabilidad (24 Horas)				632		
13	Estabilidad Retenida (%)				61.9		

Observaciones

Mezcla sin aditivo, con 0.5% de cal

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: SYP-MAR-14
	Fecha de Emis.	: Ing. Civil
	Páginas	: 03 - 04
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pte Sahuinto Frente I km. 309+700 - 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 120-150
UBICACIÓN	: km 309+700 Acceso. 10,6 km L. Der

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS) CON 1% CAL

N° DE PROBETAS		01	02	03	04	05	06
1	Contenido de Cemento Asfáltico	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
2	Peso Probeta al Aire	1226.3	1231.8	1235.2	1229.5	1233.1	1234.7
3	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1226.7	1232.6	1235.8	1229.7	1233.6	1235.0
4	Peso de la Probeta en el Agua	733.1	737.5	738.9	735.9	737.4	738.5
5	Volumen de la Probeta	493.6	495.1	496.9	493.8	496.2	496.5
6	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.484	2.488	2.486	2.490	2.485	2.487
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	430	445	435	365	370	310
8	Estabilidad sin corregir	972	1005	983	826	837	702
9	Factor Estabilidad	1.09	1.09	1.04	1.09	1.04	1.04
10	Estabilidad corregida (kg)	1059	1096	1022	900	871	730
11	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	1059					
12	Promedio Estabilidad (24 Horas)				834		
13	Estabilidad Retenida (%)	78.7					

Observaciones
Mezcla sin aditivo, con 1.0% de cal

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: SYP-MAR-14
	Fecha de Emis.	: Ing. Civil
	Páginas	: 04 - 04
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

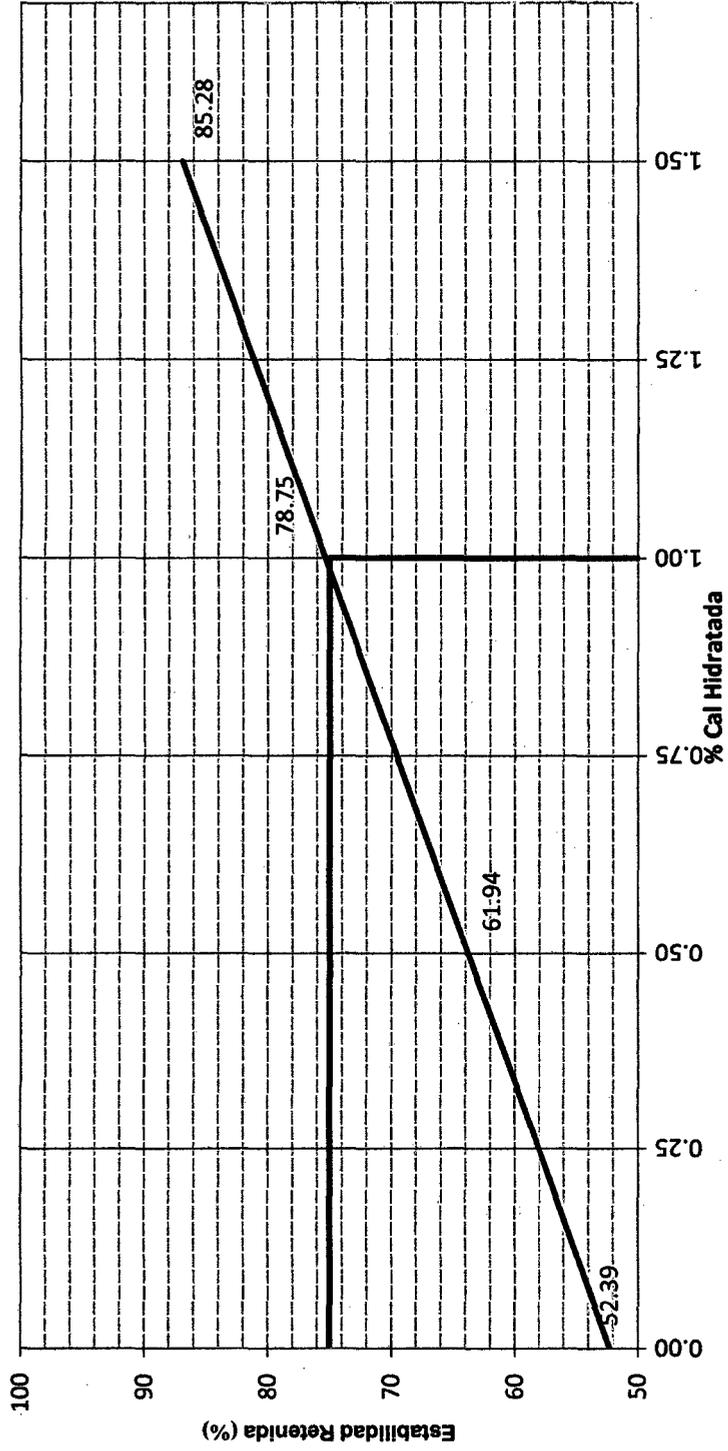
OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pte Sahuinto Frente I km. 309+700 - 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de la Mezcla Asfáltica en Caliente PEN 120-150
UBICACIÓN	: km 309+700 Acceso. 10.6 km L. Der

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS) CON 1.5 % CAL

N° DE PROBETAS	01	02	03	04	05	06
1 Contenido de Cemento Asfáltico	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
2 Peso Probeta al Aire	1236.0	1229.6	1231.9	1236.8	1225.4	1233.7
3 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1239.9	1237.6	1237.1	1237.9	1237.5	1236.4
4 Peso de la Probeta en el Agua	722.6	728.6	732.2	722.5	730.5	724.6
5 Volumen de la Probeta	517.3	509.0	504.9	515.4	507.0	511.8
6 Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.389	2.416	2.440	2.400	2.417	2.411
7 Lectura del Dial Anillo Marshall	460	450	464	385	390	395
8 Estabilidad sin corregir	1039	1016	1047	871	882	893
9 Factor Estabilidad	1.00	1.00	1.04	1.00	1.04	1.00
10 Estabilidad corregida (kg)	1039	1016	1089	871	917	893
11 Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	1048					
12 Promedio Estabilidad (24 Horas)				894		
13 Estabilidad Retenida (%)				85.3		

Observaciones
Mezcla sin aditivo, con 1.5% de cal

ESTABILIDAD RETENIDA vs % de CAL HIDRATADA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara - Pta. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
UBICACIÓN : km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der N° Golpes: 20

**EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03**

ENSAYO		N°	01	02	03	04	05	06
			Grupo Saturado			Grupo Seco		
DIAMETRO	D	cm	10.17	10.19	10.18	10.17	10.19	10.17
ESPESOR	t	cm	6.50	6.60	6.55	6.44	6.53	6.50
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1235.1	1234.3	1232.1	1231.1	1233.9	1230.0
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1237.3	1236.2	1234.4	1233.9	1235.7	1232.6
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	717.7	720.6	717.8	714.0	715.5	711.4
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	519.6	515.6	516.6	519.9	520.2	521.2
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.377	2.394	2.385	2.368	2.372	2.360
ASTM D-2041 .PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	6.78	6.12	6.47	7.14	6.98	7.45
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	35.2	31.6	33.4	37.1	36.3	38.8
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 60°C								
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1252.2	1257.4	1255.5			
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	728.8	738.8	733.9			
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	523.4	518.6	521.6			
VOL. AGUA DE ABSORSION (B' - A)	J'	c.c.	17.1	23.1	23.4			
SATURACION (100J' / I)		%	48.5	73.2	70.0			
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.73	0.58	0.97			
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs								
ESPESOR	t''	cm	6.43	6.48	6.44			
SSD DE LA MUESTRA	B''	Gr.	1257.7	1255.0	1250.4			
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C''	Gr.	734.6	735.8	729.3			
VOLUMEN (B'' - C'')	E''	c.c.	523.1	519.2	521.1			
VOL. AGUA DE ABSORSION (B'' - A)	J''	c.c.	22.6	20.7	18.3			
SATURACION (100J'' / I)		%	64.1	65.6	64.8			
HINCHAMIENTO 100(E'' - E) / E		%	0.67	0.70	0.87			
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P''	Kg	90	100	121	322	350	311
RESISTENCIA SECA 2P'' / tDPI	S _t	Kg/cm ²	0.9	1.0	1.2	3.13	3.35	3.00
RESISTENCIA HUMEDA 2P'' / t' D PI	S _t m	Kg/cm ²				1.006		3.159
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{tm} /S _M		%				31.8		
Observaciones								
Mezcla sin Cal y sin aditivo								

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
 TRAMO : Dv. Kishuara - Pta. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
 MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
 UBICACIÓN : km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der N° Golpes: 20

**EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
 ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03**

ENSAYO		N°	01	02	03	04	05	06
			Grupo Saturado			Grupo Seco		
DIAMETRO	D	cm	10.17	10.19	10.18	10.17	10.19	10.17
ESPESOR	t	cm	6.50	6.60	6.55	6.44	6.53	6.50
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1235.7	1235.1	1231.4	1234.1	1236.6	1234.4
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1237.9	1237.0	1233.6	1238.2	1239.1	1236.1
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	720.2	721.5	718.8	712.6	714.0	708.8
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	517.7	515.5	514.8	525.6	525.1	527.3
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.387	2.396	2.392	2.348	2.355	2.341
ASTM D-2041 .PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	6.40	6.04	6.20	7.92	7.65	8.20
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	33.1	31.1	31.9	41.6	40.2	43.2
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 60°C								
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1254.8	1256.6	1254.0			
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	734	736.6	733.3			
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	520.8	520.0	520.7			
VOL. AGUA DE ABSORSION (B' - A)	J'	c.c.	19.1	21.5	22.6			
SATURACION (100J' / I)		%	57.7	69.0	70.9			
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.60	0.87	1.15			
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs								
ESPESOR	t"	cm	6.48	6.50	6.51			
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1263.6	1261.9	1257.7			
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	742.0	742.2	738.0			
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	521.6	519.7	519.7			
VOL. AGUA DE ABSORSION (B" - A)	J"	c.c.	27.9	26.8	26.3			
SATURACION (100J" / I)		%	84.3	86.0	82.5			
HINCHAMIENTO 100(E" - E) / E		%	0.75	0.81	0.95			
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P"	Kg	277	300	280	622	617	602
RESISTENCIA SECA 2P / tDPI	S _t	Kg/cm ²	2.7	2.9	2.7	6.05	5.91	5.80
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / t" D PI	S _{tm}	Kg/cm ²				2.751		5.919
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{tm} /S _{td}		%				46.5		
Observaciones								
Mezcla sin Cal y 0.50 % aditivo mejorador de adherencia								

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Proyecto	: Tesis
	Para Optar Título	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
UBICACIÓN	: km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der
	Nº Golpes: 20

**EFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03**

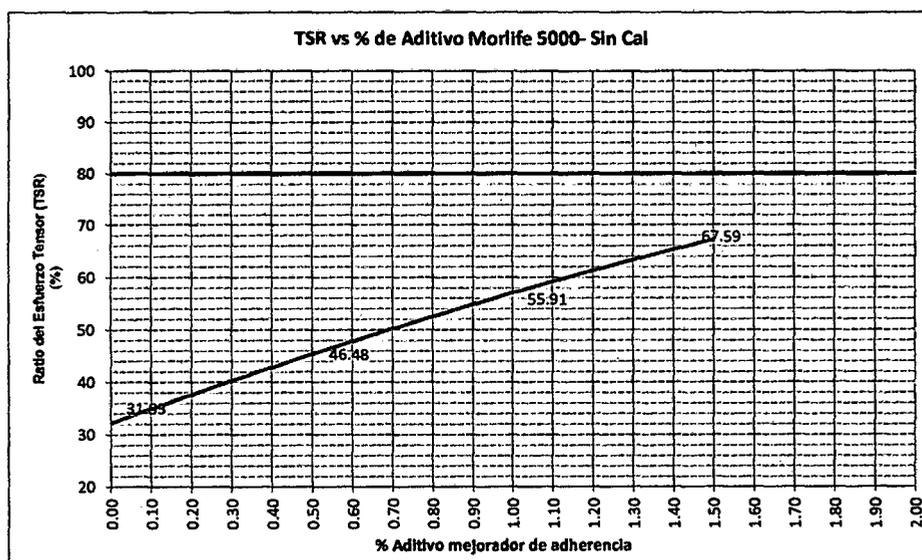
ENSAYO		Nº	01	02	03		04	05	06	
			Grupo Saturado				Grupo Seco			
DIAMETRO	D	cm	10.19	10.18	10.19		10.19	10.17	10.18	
ESPESOR	t	cm	6.52	6.50	6.51		6.46	6.49	6.53	
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1230.8	1228.5	1230.3		1223.4	1220.0	1223.4	
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1232.0	1230.0	1232.1		1225.4	1223.1	1225.0	
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	710.9	705.9	708.8		699.9	697.0	702.2	
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	521.1	524.1	523.3		525.5	526.1	522.8	
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.362	2.344	2.351		2.328	2.319	2.340	
ASTM D-2041 :PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550		2.550	2.550	2.550	
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	7.38	8.08	7.80		8.70	9.06	8.23	
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	38.4	42.3	40.8		45.7	47.7	43.0	
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 60°C										
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1255.5	1250.0	1249.8					
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	729.9	722.0	721.4					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	525.6	528.0	528.4					
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	24.7	21.5	19.5					
SATURACION (100J' / I)		%	64.3	50.8	47.8					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.86	0.74	0.97					
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs										
ESPESOR	t"	cm	6.46	6.52	6.50					
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1262.2	1258.8	1258.0					
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	738.0	732.0	731.0					
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	524.2	526.8	527					
VOL. AGUA DE ABSORCION (B" - A)	J"	c.c.	31.4	30.3	27.7					
SATURACION (100J" / I)		%	81.7	71.8	67.8					
HINCHAMIENTO 100(E" - E) / E		%	0.59	0.52	0.71					
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P"	Kg	335	385	405		700	685	625	
RESISTENCIA SECA 2P / tDPI	S _t	Kg/cm ²	3.2	3.7	3.9		6.77	6.61	5.99	
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / t" D PI	S _t m	Kg/cm ²					3.610			6.457
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{tm} /S _t		%					55.9			
Observaciones										
Mezcla sin Cal y 0.75 % aditivo mejorador de adherencia										

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
 TRAMO : Dv. Kishuara - Pte. Sabuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
 MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
 UBICACIÓN : km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der

Mezcla Asfáltica	Sub-Grupo	Espesor (cm)	Diametro (cm)	Vacios (%)	Saturación con agua del total de vacíos	T Fuerza Máxima (Kg)	T Fuerza Máxima Promedio (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	Ratio de esfuerzo tensor TSR %
0.00% Morlife	Seco	01	6.50	10.17	6.8		322		3.13	31.8
		04	6.44	10.17	7.1		350		3.35	
		05	6.53	10.19	7.0		311		3.00	
	Saturado	02	6.60	10.19	6.1	48.5	90		0.88	
		03	6.55	10.18	6.5	73.2	100	104	0.96	
		06	6.50	10.17	7.5	70.0	121		1.18	
0.50% Morlife	Seco	01	6.50	10.17	6.4		622		6.05	46.5
		05	6.53	10.19	7.6		617		5.91	
		06	6.50	10.17	8.2		602		5.80	
	Saturado	02	6.60	10.19	6.0	57.7	277		2.68	
		03	6.55	10.18	6.2	69.0	300	286	2.88	
		04	6.44	10.17	7.9	70.9	280		2.69	
0.75% Morlife	Seco	02	6.50	10.18	8.1		700		6.77	55.9
		04	6.46	10.19	8.7		685		6.61	
		05	6.49	10.17	9.1		625		5.99	
	Saturado	01	6.52	10.19	7.4	64.3	335		3.24	
		03	6.51	10.19	7.8	50.8	385	375	3.69	
		06	6.53	10.18	8.2	47.8	405		3.89	
1.0% Morlife	Seco	03	6.48	10.16	7.0		600		5.68	67.6
		04	6.56	10.25	8.6		622		5.93	
		05	6.49	10.30	8.8		635		6.15	
	Saturado	01	6.55	10.19	6.8	85.0	425		4.08	
		02	6.61	10.22	6.6	84.4	415	413	4.00	
		06	6.50	10.12	8.6	77.9	400		3.92	



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Proyecto	: Tesis
	Para Optar Título	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
UBICACIÓN	: km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der N° Golpes: 20

EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03

ENSAYO		N°	01	02	03		04	05	06	
			Grupo Saturado				Grupo Seco			
DIAMETRO	D	cm	10.19	10.17	10.18		10.18	10.17	10.18	
ESPEJOR	t	cm	6.46	6.48	6.50		6.49	6.50	6.47	
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1232.1	1232.6	1232.9		1230.8	1230.5	1231.6	
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1234.5	1234.9	1234.8		1232.4	1232.5	1233.6	
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	722.0	722.8	721.5		714.4	715.9	713.7	
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	512.5	512.1	513.3		518	516.6	519.9	
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.404	2.407	2.402		2.376	2.382	2.369	
ASTM D-2041 :PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550		2.550	2.550	2.550	
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	5.72	5.81	5.81		6.82	6.59	7.10	
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	29.3	28.7	29.8		35.3	34.1	36.9	
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 80°C										
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1247.8	1248.8	1249.6					
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	732.6	733.7	733.1					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	515.2	515.1	516.5					
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	15.7	16.2	16.7					
SATURACION (100J' / I)		%	53.5	56.4	56.0					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.53	0.59	0.62					
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs										
ESPEJOR	I"	cm	6.50	6.46	6.49					
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1253.4	1252.2	1251.1					
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	736.9	736.6	734.5					
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	516.5	515.6	516.6					
VOL. AGUA DE ABSORCION (B" - A)	J"	c.c.	21.3	19.6	18.2					
SATURACION (100J" / I)		%	72.6	68.2	61.1					
HINCHAMIENTO 100(E" - E) / E		%	0.78	0.68	0.64					
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P"	Kg	144	168	139		477	502	550	
RESISTENCIA SECA 2P / tDPI	S t _d	Kg/cm ²	1.4	1.6	1.3		4.60	4.84	5.32	
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / I" D PI	S t _m	Kg/cm ²				1.451				4.918
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _m /S _d		%					29.5			
Observaciones										
Mezcla sin Cal y sin aditivo										

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Proyecto	: Tesis
	Para Optar Título	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 358+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
UBICACIÓN	: km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der N° Golpes: 20

**EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03**

ENSAYO		N°	01	02	03		04	05	06	
			Grupo Saturado				Grupo Seco			
DIAMETRO	D	cm	10.18	10.17	10.18		10.19	10.20	10.19	
ESPEJOR	t	cm	6.55	6.51	6.50		6.53	6.54	6.50	
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1234.5	1235.7	1235.8		1234.2	1234.0	1233.2	
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1236.0	1236.8	1237.1		1236.5	1235.8	1235.4	
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	721.2	722.8	723.9		718.8	719.9	716.6	
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	514.8	514	513.2		517.7	515.9	518.8	
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.398	2.404	2.408		2.384	2.392	2.377	
ASTM D-2041 : PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550		2.550	2.550	2.550	
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	5.96	5.72	5.57		6.51	6.20	6.78	
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	30.7	29.4	28.6		33.7	32.0	35.2	
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 60°C										
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1253.5	1255.8	1254.1					
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	736.1	738.8	737.5					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	517.4	517.0	516.6					
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	19.0	20.1	18.3					
SATURACION (100J' / I)		%	61.9	68.3	64.0					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.51	0.58	0.66					
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño Maria, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs										
ESPEJOR	I''	cm	6.51	6.50	6.49					
SSD DE LA MUESTRA	B''	Gr.	1258.9	1262.2	1258.9					
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C''	Gr.	739.6	744.0	742.0					
VOLUMEN (B'' - C'')	E''	c.c.	519.3	518.2	516.9					
VOL. AGUA DE ABSORCION (B'' - A)	J''	c.c.	24.4	26.5	23.1					
SATURACION (100J'' / I)		%	79.5	90.1	80.8					
HINCHAMIENTO 100(E'' - E) / E		%	0.87	0.82	0.72					
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P''	Kg	166	190	150		466	477	502	
RESISTENCIA SECA 2P / tDPI	S t _d	Kg/cm ²	1.6	1.8	1.4		4.46	4.55	4.83	
RESISTENCIA HUMEDA 2P'' / I'' D PI	S t _m	Kg/cm ²				1.624				4.614
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{pm} /S _{td}		%					35.2			
Observaciones										
Mezcla Con Cal 0.50 % y sin aditivo mejorador de adherencia										

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Proyecto	: Tesis
	Para Optar Título	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
UBICACIÓN	: km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der N° Golpes: 20

**EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03**

ENSAYO		N°	01	02	03		04	05	06	
			Grupo Saturado				Grupo Seco			
DIAMETRO	D	cm	10.19	10.20	10.18		10.17	10.19	10.21	
ESPESOR	t	cm	6.48	6.47	6.50		6.51	6.50	6.48	
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1228.7	1229.7	1233.4		1230.8	1231.7	1232.5	
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1231.1	1232.2	1235.4		1232.2	1233.5	1234.7	
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	720.0	719.6	723.2		706.2	710.5	709.8	
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	511.1	512.6	512.2		526	523	524.9	
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.404	2.399	2.408		2.340	2.355	2.348	
ASTM D-2041 : PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550		2.550	2.550	2.550	
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	5.72	5.92	5.57		8.24	7.64	7.92	
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	29.3	30.4	28.5		43.3	40.0	41.6	
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 60°C										
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1247.0	1246.0	1250.2					
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	733.1	730.3	734.9					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	513.9	515.7	515.3					
VOL. AGUA DE ABSORSION (B' - A)	J'	c.c.	18.3	16.3	16.8					
SATURACION (100J' / I)		%	62.5	53.7	58.9					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.55	0.60	0.61					
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María, luego del ciclo de congelamiento -18°C 18 Hrs										
ESPESOR	I"	cm	6.50	6.49	6.48					
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1264.4	1262.2	1265.5					
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	749.0	745.0	749.9					
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	515.4	517.2	515.6					
VOL. AGUA DE ABSORSION (B" - A)	J"	c.c.	35.7	32.5	32.1					
SATURACION (100J" / I)		%	122.0	107.0	112.8					
HINCHAMIENTO 100(E" - E) / E		%	0.84	0.90	0.66					
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P"	Kg	120	145	150		377	340	330	
RESISTENCIA SECA 2P / 1DPI	S _t	Kg/cm ²	1.2	1.4	1.4		3.63	3.27	3.18	
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / 1" D PI	S _{tm}	Kg/cm ²				1.332				3.358
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{tm} /S _M		%					39.7			
Observaciones										
Mezcla Con Cal 1.0 % y sin aditivo mejorador de adherencia										

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Proyecto	: Tesis
	Para Optar Título	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Apoyo Técnico	: Tec. C.R.G.
	Asesor de Tesis	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara - Pto. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
UBICACIÓN	: km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der N° Golpes: 20

EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03

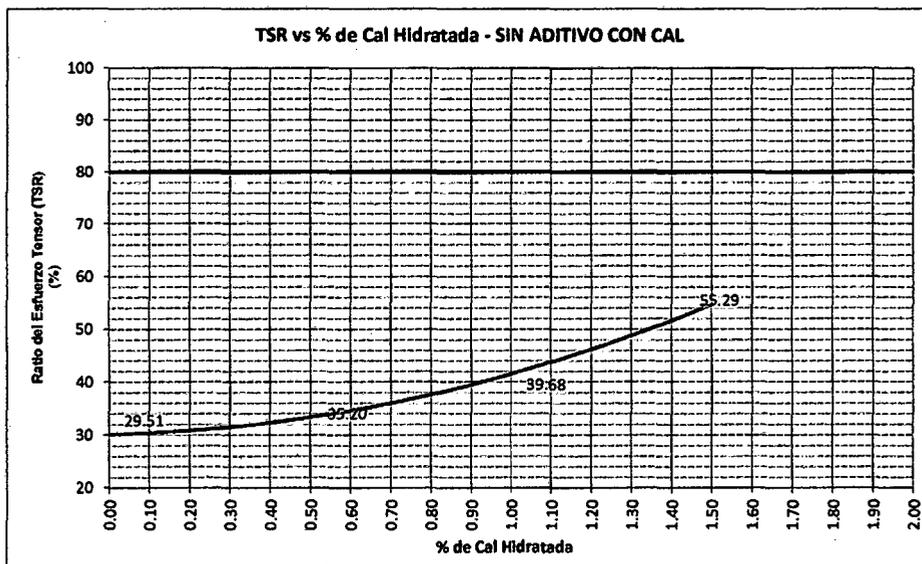
ENSAYO	N°	02			01			
		Grupo Saturado			Grupo Seco			
DIAMETRO	D	cm	10.19	10.19	10.19	10.18	10.18	10.18
ESPESOR	t	cm	6.33	6.33	6.33	6.56	6.56	6.56
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1200.5	1206.4	1204.4	1222.4	1224.3	1223.4
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1203.3	1208.1	1206.4	1224.9	1226.3	1225.1
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	703.3	707.1	705.2	711.3	714.9	710.2
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	500.0	501	501.2	513.6	511.4	514.9
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.401	2.408	2.403	2.380	2.394	2.376
ASTM D-2041 : PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	5.84	5.57	5.76	6.66	6.12	6.82
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	29.2	27.9	28.9	34.2	31.3	35.1
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 16 min, agua destilada 60°C								
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1217.0	1222.0	1221.0			
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	714	717.2	715.6			
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	503.0	504.8	505.4			
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	16.5	15.6	16.6			
SATURACION (100J' / I)		%	56.5	55.9	57.5			
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.60	0.76	0.84			
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño Maria, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs								
ESPESOR	t"	cm	6.44	6.49	6.50			
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1245.6	1249.0	1241.0			
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	741.6	743.8	735.5			
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	504.0	505.2	505.5			
VOL. AGUA DE ABSORCION (B" - A)	J"	c.c.	45.1	42.6	36.6			
SATURACION (100J" / I)		%	154.4	152.7	126.7			
HINCHAMIENTO 100(E" - E) / E		%	0.80	0.84	0.86			
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P"	Kg	199	225	200	366	377	399
RESISTENCIA SECA 2P / IDPI	S _t	Kg/cm ²	1.9	2.2	1.9	3.49	3.60	3.81
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / t" D PI	S _{1m}	Kg/cm ²				2.007		3.631
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{1m} /S _{td}		%				55.3		
Observaciones								
Mezcla Con Cal 1.5 % y sin aditivo mejorador de adherencia								

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tests
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tests : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
 TRAMO : Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
 MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
 UBICACIÓN : km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der

Mezcla Asfáltica		Sub-Grupo	Espesor (cm)	Díametro (cm)	Vacos (%)	Saturación con agua del total de vacos	T Fuerza Máxima (Kg)	T Fuerza Máxima Promedio (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	Ratio de esfuerzo tensor TSR %
0.00% Cal Hidratada	Seco	01	6.46	10.19	5.7		477	510	4.60	4.92	29.5
		04	6.49	10.18	6.8		502		4.84		
		05	6.50	10.17	6.6		550		5.32		
	Saturado	02	6.48	10.17	5.6	33.5	144	150	1.38	1.45	
		03	6.50	10.18	5.8	36.4	168		1.63		
		06	6.47	10.18	7.1	36.0	139		1.34		
0.50% Cal Hidratada	Seco	01	6.55	10.18	6.0		466	482	4.46	4.61	35.2
		05	6.54	10.20	6.2		477		4.55		
		06	6.50	10.19	6.8		502		4.83		
	Saturado	02	6.51	10.17	5.7	61.9	166	169	1.60	1.62	
		03	6.50	10.18	5.6	68.3	190		1.83		
		04	6.53	10.19	6.5	64.0	150		1.45		
1.0% Cal Hidratada	Seco	02	6.47	10.20	5.9		377	349	3.63	3.36	39.7
		04	6.51	10.17	8.2		340		3.27		
		05	6.50	10.19	7.6		330		3.18		
	Saturado	01	6.48	10.19	5.7	62.5	120	138	1.15	1.33	
		03	6.50	10.18	5.6	53.7	145		1.40		
		06	6.48	10.21	7.9	38.9	150		1.45		
1.5% Cal Hidratada	Seco	01	6.56	10.18	6.7		366	381	3.49	3.63	55.3
			6.56	10.18	6.1		377		3.60		
			6.56	10.18	6.8		399		3.81		
	Saturado	02	6.33	10.19	5.8	36.5	199	208	1.93	2.01	
			6.33	10.19	5.6	55.9	225		2.17		
			6.33	10.19	5.8	57.5	200		1.92		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
 TRAMO : Dv. Kishuara - Pte. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
 MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
 UBICACIÓN : km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der N° Golpes: 20

**EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
 ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03**

ENSAYO		N°	01	02	03	04	05	06	07
			Grupo Saturado			Grupo Seco			
DIAMETRO	D	cm	10.20	10.17	10.18	10.17	10.23	10.24	
ESPESOR	t	cm	6.53	6.50	6.49	6.50	6.62	6.62	
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1234.3	1233.0	1234.7	1228.5	1226.4	1227.4	
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1235.9	1234.6	1235.8	1231.5	1232.3	1232.3	
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	718.8	718.7	719.4	714.9	715.5	716.6	
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	517.1	515.9	516.4	516.6	516.8	515.7	
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.387	2.390	2.391	2.378	2.373	2.380	
ASTM D-2041 : PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	6.39	6.27	6.24	6.74	6.94	6.66	
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	33.1	32.4	32.2	34.8	35.9	34.4	
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 60°C									
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1252.9	1252.1	1256.3				
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	733.5	733.4	737.5				
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	519.4	518.7	518.8				
VOL. AGUA DE ABSORSION (B' - A)	J'	c.c.	18.6	19.1	21.6				
SATURACION (100J' / I)		%	56.3	59.0	67.1				
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.44	0.54	0.46				
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs									
ESPESOR	t"	cm	6.51	6.58	6.70				
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1259.9	1258.4	1256.9				
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	738.7	737.1	734.4				
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	521.2	521.3	522.5				
VOL. AGUA DE ABSORSION (B" - A)	J"	c.c.	25.6	25.4	22.2				
SATURACION (100J" / I)		%	77.4	78.5	68.9				
HINCHAMIENTO 100(E" - E) / E		%	0.79	1.05	1.18				
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P"	Kg	260	290	210	315	360	320	
RESISTENCIA SECA 2P / IDPI	S _t	Kg/cm ²	2.5	2.8	2.0	3.04	3.39	3.01	
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / t" D PI	S _t m	Kg/cm ²				2.405			3.143
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{tm} /S _{td}		%				76.5			
Observaciones									
Mezcla con 1.0 % de Cal y 0.50 % aditivo mejorador de adherencia									

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

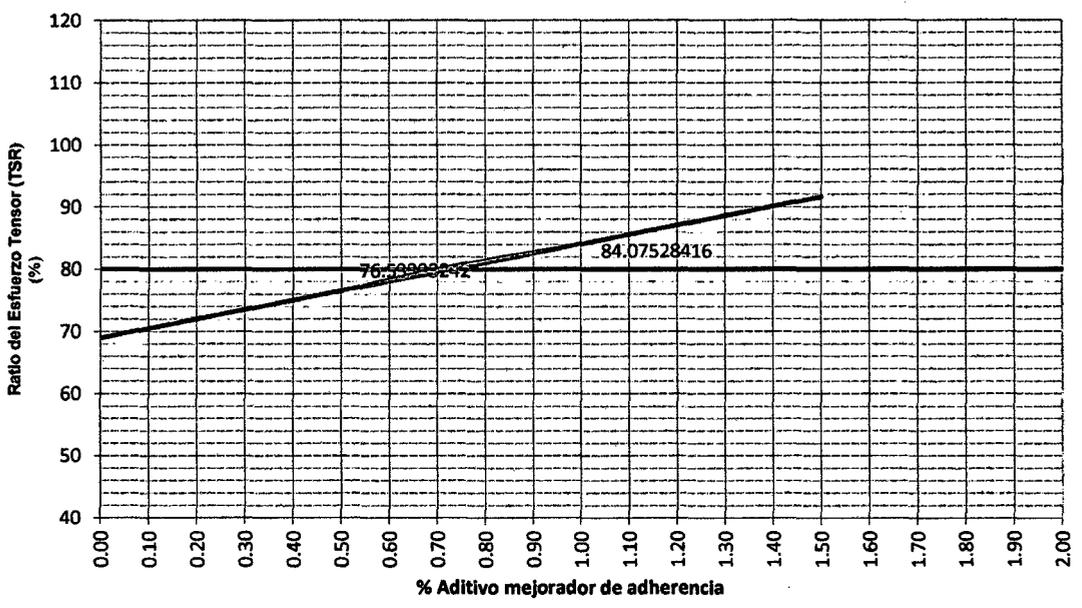
Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay
 TRAMO : Dv. Kishuara - Pta. Sahuinto Frente I km. 309+728 - 356+000
 MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente - PEN 120-150
 UBICACIÓN : km. 309+700 Acceso 10.6 km L. Der Nº Golpes: 20

**EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
 ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO ASTM D-4867, AASHTO T-283-03**

ENSAYO		Nº	01	02	03		04	05	06	
			Grupo Saturado			Grupo Seco				
DIAMETRO	D	cm	10.15	10.24	10.20		10.17	10.23	10.24	
ESPESOR	t	cm	6.47	6.52	6.49		6.50	6.62	6.62	
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1232.9	1238.3	1241.8		1236.1	1231.1	1233.7	
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1234.0	1240.0	1243.0		1237.0	1232.4	1234.8	
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	721.8	725.1	727.5		721.1	716.2	718.6	
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	512.2	514.9	515.5		515.9	516.2	516.2	
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.407	2.405	2.409		2.396	2.385	2.390	
ASTM D-2041 :PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2.550	2.550	2.550		2.550	2.550	2.550	
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	5.61	5.69	5.53		6.04	6.47	6.28	
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	28.7	29.3	28.5		31.2	33.4	32.4	
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 5 a 15 min, agua destilada 60°C										
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1249.5	1257.2	1259.6					
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	732.3	737.9	738.8					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	517.2	519.3	520.8					
VOL. AGUA DE ABSORSION (B' - A)	J'	c.c.	16.6	18.9	17.8					
SATURACION (100J' / I)		%	57.8	64.5	62.4					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.98	0.85	1.03					
CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María, luego del ciclo de congelamiento -18°C 16 Hrs										
ESPESOR	t"	cm	6.71	6.68	6.70					
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1256.7	1262.8	1266.6					
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	741.6	744.4	748.8					
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	515.1	518.4	517.8					
VOL. AGUA DE ABSORSION (B" - A)	J"	c.c.	23.8	24.5	24.8					
SATURACION (100J" / I)		%	82.9	83.6	87.0					
HINCHAMIENTO 100(E" - E) / E		%	0.57	0.68	0.45					
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P"	Kg	380	375	393		435	489	420	
RESISTENCIA SECA 2P / tDPI	S _t	Kg/cm ²	3.6	3.5	3.7		4.19	4.60	3.95	
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / t" D PI	S _{tm}	Kg/cm ²				3.570				4.246
RESISTENCIA RETENIDA *TSR 100 S _{tm} /S _t		%				84.1				
Observaciones										
Mezcla con 1.0 % de Cal y 1.0 % aditivo mejorador de adherencia										

TSR vs % de Aditivo y Cal Hidratada 1%



**ANEXO G: ENSAYO MARSHALL DE LA GRANULOMETRÍA A (G-A)Y
GRANULOMETRÍA B (G-B)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

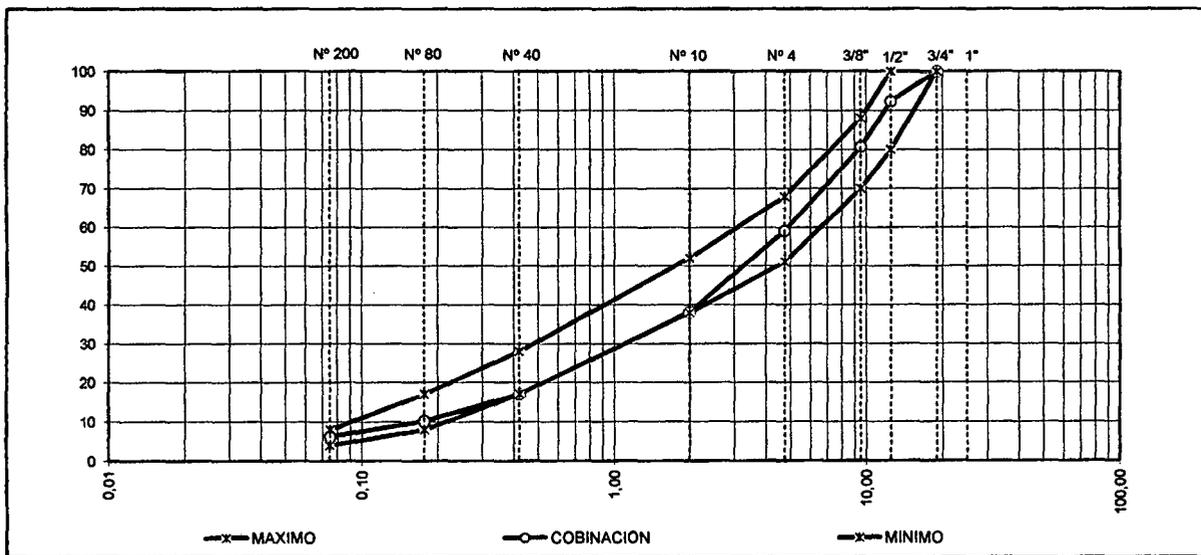
Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

ANALISIS GRANULOMETRICO
 METODO NORMA MTC E-502 Y AASHTO T - 164

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente 1 Km. 309+728 al Km. 356+000
MUESTRA : Combinación para el Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"
UBICACIÓN : Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

TAMIZ	AASHTO T-27 ABERT. (mm.)	Grava < 3/4" 41,0	A. CH 42,0	A. NAT 16,0	FILLER 1,0	%QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1 1/2"	37,500						MAC-2	Peso Mat. Humedo : _____
1"	25,000							Peso Mat. Seco : _____
3/4"	19,000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	% de Humedad : _____
1/2"	12,500	81,3	100,0	100,0	100,0	92,3	80 - 100	Peso Frac. Humeda : _____
3/8"	9,500	52,8	100,0	100,0	100,0	80,7	70 - 88	Peso Frac. Seca : _____
1/4"	6,350							
Nº 4	4,750	1,7	99,3	98,2	100,0	59,1	51 - 68	PROPORCIONES
Nº 8	2,360							
Nº 10	2,000	0,9	59,9	72,6	100,0	38,1	38 - 52	Grava chancada : % 41,0
Nº 16	1,180							Arena chancada : % 42,0
Nº 20	0,600							Arena zar. Lavada. : % 16,0
Nº 40	0,420		25,7	32,4	100,0	17,0	17 - 28	Filler - cal. : % 1,0
Nº 50	0,300							TOTAL : % 100,0
Nº 80	0,177		16,2	15,1	96,2	10,2	8 - 17	
Nº 100	0,150							OBSERVACIONES:
Nº 200	0,075		10,4	5,9	95,8	6,3	4 - 8	
< Nº 200	Fondo							

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
COMBINACION DE AGREGADOS
 (MALLAS EN ESCALA LOGARITMICA)



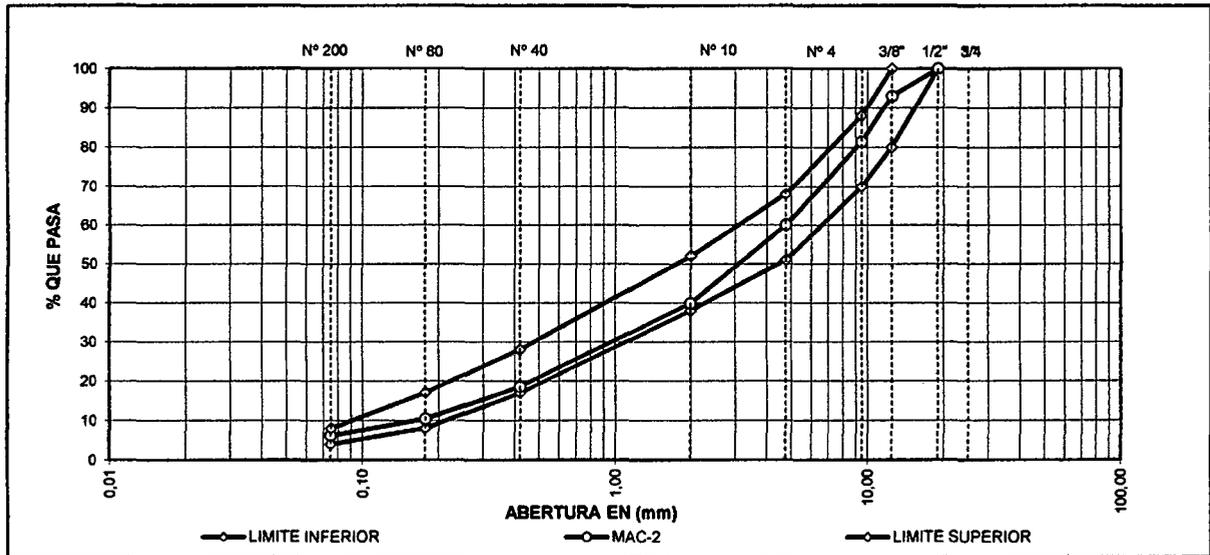
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

ANALISIS GRANULOMETRICO
METODO NORMA MTC E-502 Y AASHTO T-164

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MUESTRA	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Coataquite)
UBICACIÓN	: Km 301+600 Acceso 10,6 km. L. Der

TAMIZ	AASHTO T-27 ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101,600						Peso Mat. Humedo : _____
3"	76,200						Peso Mat. Seco : 1756,9 gr
2 1/2"	63,000						% de Humedad : _____
2"	50,000						Peso Frac. Humeda : _____
1 1/2"	37,500					MAC-2	Peso Frac. Seca : 1001,5 gr
1"	25,000						
3/4"	19,000				100,0	100	
1/2"	12,500	123,1	7,0	7,0	93,0	80 - 100	PROPORCIONES
3/8"	9,500	203,9	11,6	18,6	81,4	70 - 88	
1/4"	6,350						Grava chancada % 41,0
N° 4	4,750	375,1	21,4	40,0	60,0	51 - 68	Arena chancada % 42,0
N° 8	2,360	299,5	18,0	57,9	42,1		Arena zar. Lavada. % 16,0
N° 10	2,000	36,6	2,2	60,1	39,9	38 - 52	Filler - cal. % 1,0
N° 16	1,180						TOTAL % 100,0
N° 20	0,600						
N° 40	0,420	356,6	21,4	81,5	18,5	17 - 28	OBSERVACIONES:
N° 50	0,300	63,6	3,8	85,3	14,7		
N° 80	0,177	72,8	4,4	89,7	10,3	8 - 17	
N° 100	0,150						
N° 200	0,075	68,9	4,1	93,8	6,2	4 - 8	
< N° 200	Fondo	156,8	9,4	103,2			

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : Tesis
 Fecha de Emis : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
 (NORMA AASHTO T-84, T-85)

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL : Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente <3/4"
UBICACIÓN : km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : Ccotaquite
MUESTRA :-
PROF. (m) :-

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	1245,8	1178,8		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	799,1	755,3		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	446,7	423,5		
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1235,0	1168,8		
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)	435,9	413,5		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2,765	2,760		2,762
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2,789	2,783		2,786
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2,833	2,827		2,830
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0,874	0,856		0,87

Observaciones:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : Tesis
 Fecha de Emisión : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
 (NORMA AASHTO T-84, T-85)

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL : Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4"
UBICACIÓN : Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : Ccotaquite
MUESTRA : Mezcla de Arenas
PROF. (m) :-

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500,0	500,0		
B	Peso Frasco + agua	661,7	662,4		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1161,7	1162,4		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	981,8	982,4		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	179,9	180,0		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	495,7	495,6		
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	175,6	175,6		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,755	2,753		2,754
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,779	2,778		2,779
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,823	2,822		2,823
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0,867	0,888		0,88

Observaciones:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv. Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Ccoataquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	41,0
B ARENA CHANCADA	42,0
C ARENA ZARANDEADA	16,0
D FILLER	1,0
(PEN)	120 - 150

	N	1	2	3	Promedio
1 Numero de Probeta					
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	4,50	4,50	4,50	
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	39,16	39,16	39,16	
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	55,39	55,39	55,39	
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	0,96	0,96	0,96	
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1,017	1,017	1,017	
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,765	2,765	2,765	
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,832	2,832	2,832	2,799
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,758	2,758	2,758	
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,824	2,824	2,824	2,791
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2,370	2,370	2,370	2,370
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1232,5	1232,0	1232,5	
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1234,4	1233,9	1234,9	
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	734,4	735,5	735,3	
16 Volumen de la Probeta	c.c.	500,0	498,4	499,6	
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,465	2,472	2,467	2,468
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,650	2,650	2,650	
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,586	2,586	2,586	
20 % de Vacios	%	6,98	6,71	6,90	6,86
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,756	2,756	2,756	
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,822	2,822	2,822	
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,789	2,789	2,789	
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0,43	0,43	0,43	
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85,41	85,64	85,47	
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	7,62	7,64	7,63	
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	14,59	14,36	14,53	14,49
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4,09	4,09	4,09	4,1
29 Relacion Polvo - Asfalto	%	1,52	1,52	1,52	1,5
30 Relacion Asfalto - Vacios	%	52,2	53,2	52,5	52,64
31 Lectura del Aro	pul.	350	360	369	
32 Estabilidad sin Corregir	kg	792	815	835	
33 Factor de Estabilidad		1,04	1,04	1,04	
34 Estabilidad Corregida	kg	824	847	868	846,5
35 Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	6,5	6,0	7,5	6,7
36 Fluencia	pul.	1,65	1,52	1,91	1,69
37 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4991	5560	4558	5036

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente <3/4" (Cantera Ceotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8116			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7649			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8887			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1238,0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	467,2			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4)/(5)	2,650			
CONTENIDO C-A				
4,50		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4" (Cantera Ceotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	41.0
B ARENA CHANCADA	42.0
C ARENA ZARANDEADA	16.0
D FILLER	1.0
(PEN)	120 - 150

	N	1	2	3	Promedio
1 Numero de Probeta					
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.95	38.95	38.95	
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	55.10	55.10	55.10	
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	0.95	0.95	0.95	
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.765	2.765	2.765	
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.832	2.832	2.832	2.799
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.758	2.758	2.758	
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.824	2.824	2.824	2.791
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.370	2.370	2.370	2.370
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1230.1	1230.8	1230.3	
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1232.6	1232.0	1232.6	
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	736.0	735.9	737.1	
16 Volumen de la Probeta	c.c.	496.6	496.1	495.5	
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.477	2.481	2.483	2.480
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.635	2.635	2.635	
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.566	2.566	2.566	
20 % de Vacios	%	6.00	5.85	5.77	5.87
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.756	2.756	2.756	
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.822	2.822	2.822	
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.789	2.789	2.789	
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.43	0.43	0.43	
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.37	85.51	85.58	
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	8.63	8.64	8.65	
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	14.63	14.49	14.42	14.51
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.59	4.59	4.59	4.6
29 Relacion Polvo - Asfalto	%	1.35	1.35	1.35	1.4
30 Relacion Asfalto - Vacios	%	59.0	59.6	60.0	59.55
31 Lectura del Aro	pul.	402	415	389	
32 Estabilidad sin Corregir	kg	909	938	880	
33 Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.09	
34 Estabilidad Corregida	kg	945	975	959	959.9
35 Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	8.5	8.5	8.0	8.3
36 Fluencia	pul.	2.16	2.16	2.03	2.12
37 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4378	4518	4719	4538

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4" (Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8116			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7644			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8888			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1244.0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	472.1			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2.635			
CONTENIDO C-A				
5.00		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kisbuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Ceotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	41.0
B ARENA CHANCADA	42.0
C ARENA ZARANDEADA	16.0
D FILLER	1.0
(PEN)	120 - 150

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.75	38.75	38.75	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	54.81	54.81	54.81	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.95	0.95	0.95	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.765	2.765	2.765	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.832	2.832	2.832	2.799
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.758	2.758	2.758	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.824	2.824	2.824	2.791
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.370	2.370	2.370	2.370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1231.6	1230.8	1233.0	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1233.5	1232.8	1235.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	738.5	738.9	741.1	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	495.0	493.9	494.4	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.488	2.492	2.494	2.491
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.545	2.545	2.545	
20	% de Vacios	%	5.03	4.88	4.81	4.91
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.756	2.756	2.756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.822	2.822	2.822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.789	2.789	2.789	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.43	0.43	0.43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.30	85.44	85.50	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9.66	9.68	9.69	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.70	14.56	14.50	14.59
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.09	5.09	5.09	5.1
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1.22	1.22	1.22	1.2
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	65.8	66.5	66.8	66.35
31	Lectura del Aro	pul.	402	406	398	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	909	918	900	
33	Factor de Estabilidad		1.09	1.09	1.09	
34	Estabilidad Corregida	kg	991	1000	981	990.6
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	9.5	11.5	12.0	11.0
36	Fluencia	pul.	2.41	2.92	3.05	2.79
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4105	3425	3218	3583

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4" (Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8116			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7641			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8886			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1245.0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	475.2			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2.620			
CONTENIDO C-A				
5.50		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tests
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4"
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	41.0
B ARENA CHANCADA	42.0
C ARENA ZARANDEADA	16.0
D FILLER	1.0
(PEN)	120 - 150

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.54	38.54	38.54	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	54.52	54.52	54.52	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.94	0.94	0.94	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.765	2.765	2.765	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.832	2.832	2.832	2.799
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.758	2.758	2.758	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.824	2.824	2.824	2.791
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.370	2.370	2.370	2.370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1232.0	1231.8	1232.8	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1233.7	1234.0	1234.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	740.1	741.1	741.3	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	493.6	492.9	493.3	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.496	2.499	2.499	2.498
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.600	2.600	2.600	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.525	2.525	2.525	
20	% de Vacios	%	4.02	3.90	3.90	3.94
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.756	2.756	2.756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.822	2.822	2.822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.789	2.789	2.789	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.43	0.43	0.43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.12	85.23	85.23	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.86	10.88	10.88	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.88	14.77	14.77	14.81
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.59	5.59	5.59	5.6
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1.11	1.11	1.11	1.1
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	73.0	73.6	73.6	73.42
31	Lectura del Aro	pul.	455	462	467	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1027	1043	1054	
33	Factor de Estabilidad		1.09	1.09	1.09	
34	Estabilidad Corregida	kg	1120	1137	1149	1135.3
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	12.5	13.5	12.5	12.8
36	Fluencia	pul.	3.18	3.43	3.18	3.26
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3527	3316	3619	3487

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8116			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7638			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8881			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1243.0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	478.0			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4)/(5)	2.600			
CONTENIDO C-A				
6.00		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4" (Cantera Ceotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	41.0
B ARENA CHANCADA	42.0
C ARENA ZARANDEADA	16.0
D FILLER	1.0
(PEN)	120 - 150

	N	1	2	3	Promedio
1 Numero de Probeta					
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50	
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.34	38.34	38.34	
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	54.23	54.23	54.23	
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	0.94	0.94	0.94	
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.765	2.765	2.765	
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.832	2.832	2.832	2.799
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.758	2.758	2.758	
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.824	2.824	2.824	2.791
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.370	2.370	2.370	2.370
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1235.8	1235.0	1232.1	
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1238.5	1237.5	1234.8	
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	741.2	741.7	739.4	
16 Volumen de la Probeta	c.c.	497.3	495.8	495.4	
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.485	2.491	2.487	2.488
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.544	2.544	2.544	
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.505	2.505	2.505	
20 % de Vacios	%	2.31	2.08	2.23	2.21
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.756	2.756	2.756	
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.822	2.822	2.822	
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.789	2.789	2.789	
24 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.43	0.43	0.43	
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.30	84.50	84.37	
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.39	13.42	13.40	
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	15.70	15.50	15.63	15.61
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	6.09	6.09	6.09	6.1
29 Relacion Polvo - Asfalto	%	1.02	1.02	1.02	1.0
30 Relacion Asfalto - Vacios	%	85.3	86.6	85.7	85.85
31 Lectura del Aro	pul.	415	409	400	
32 Estabilidad sin Corregir	kg	938	925	904	
33 Factor de Estabilidad		1.04	1.09	1.09	
34 Estabilidad Corregida	kg	975	1008	986	989.7
35 Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	13.5	14.0	13.5	13.7
36 Fluencia	pul.	3.43	3.56	3.43	3.47
37 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2845	2834	2875	2851

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente <3/4"	(Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8116			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7632			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8864			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1232.0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	484.3			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2.544			
CONTENIDO C-A				
6.50		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

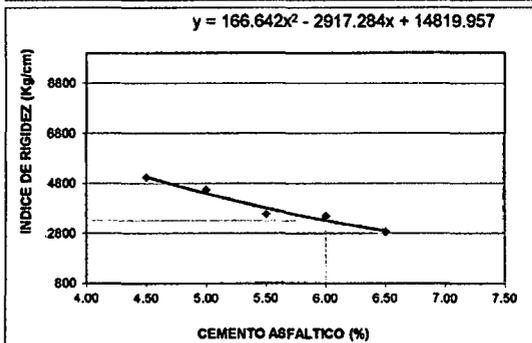
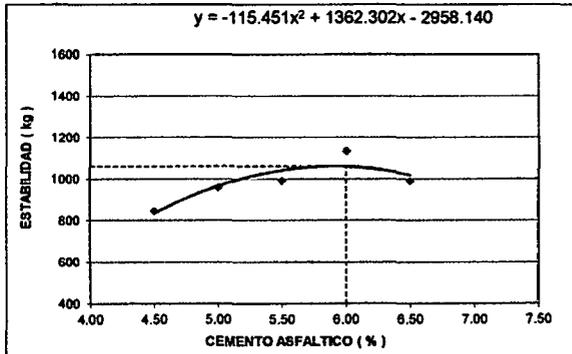
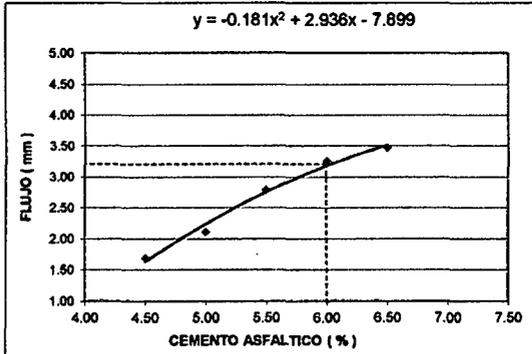
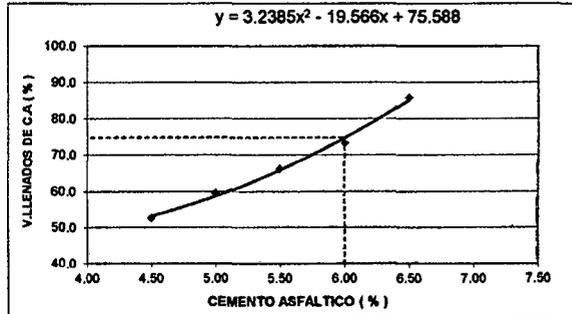
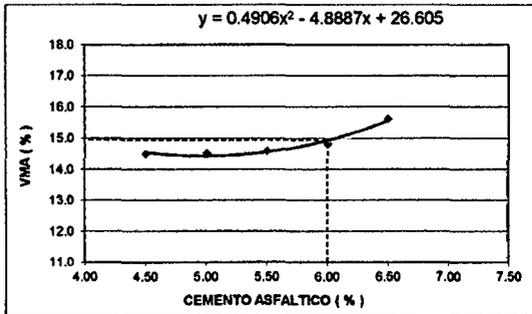
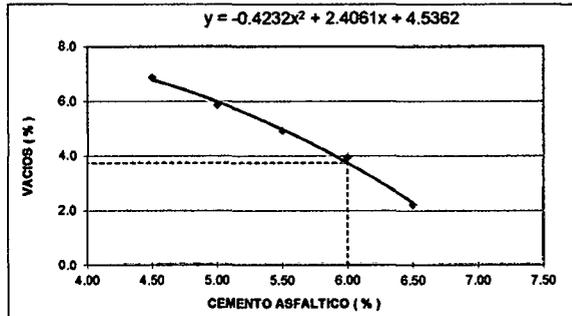
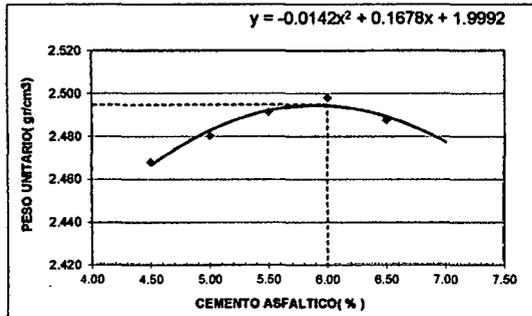
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : Tesis
 Fecha de Emis. : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahulnto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4" (Cantera Ccotaquite)
UBICACIÓN : km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - CON CAL+ ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA

DOSIFICACION AGREGADOS N° 1 Grava Triturada 3/4" : 41.0% N° 4 Cal Hidratada : 1.00%
 N° 2 Arena Triturada 3/16" : 42 % N° 5 Cem. Asf. : PEN 120 -150
DISEÑO : 01 N° 3 Arena Zarandeada 3/16" : 16 % N° 6 Ad.mej.de Adh. : 0.75%



RESULTADOS:

		ESPECIFIC.
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	6.00	MIN 6
PESO UNITARIO (gr/cm3)	2.49	-
VACIOS (%)	3.74	3 - 5
V.M.A (%)	14.93	MIN 14
V. LLENADOS C.A (%)	74.78	-
FLUJO (mm)	3.20	2 - 4
ESTABILIDAD (kg)	1059.44	MIN 815
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	3315.37	1700-4000

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Fuente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL		% Mezcla
A	GRAVA TRITURADA	41.0
B	ARENA CHANCADA	42.0
C	ARENA ZARANDEADA	16.0
D	FILLER	1.0
(PEN)		120 - 150

	N	1	2	3	Promedio	
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.30	6.30	6.30	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.42	38.42	38.42	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	54.35	54.35	54.35	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.94	0.94	0.94	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.765	2.765	2.765	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.832	2.832	2.832	2.799
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.758	2.758	2.758	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.824	2.824	2.824	2.791
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.370	2.370	2.370	2.370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1231.0	1230.3	1233.5	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1234.8	1232.9	1235.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	736.0	733.0	735.6	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	498.8	499.9	499.8	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.468	2.461	2.468	2.466
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.550	2.550	2.550	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.513	2.513	2.513	
20	% de Vacios	%	3.22	3.49	3.22	3.31
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.756	2.756	2.756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.822	2.822	2.822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.789	2.789	2.789	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.43	0.43	0.43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.90	83.66	83.90	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.88	12.85	12.88	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	16.10	16.34	16.10	16.18
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.89	5.89	5.89	5.9
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1.05	1.05	1.05	1.1
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	80.0	78.6	80.0	79.53
31	Lectura del Aro	pul.	485	422	435	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1027	954	983	
33	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
34	Estabilidad Corregida	kg	1068	992	1022	1027.4
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	13.0	12.0	13.6	12.9
36	Fluencia	pul.	3.30	3.05	3.45	3.27
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3236	3254	2959	3149

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente 1 Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8116			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7627			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8873			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1246.0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	488.6			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2.550			
CONTENIDO C-A				
6.30		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km, 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der	

ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA

N° DE PROBETAS	30 Minutos			24 Horas		
	01	02	03	04	05	06
1	Contenido de Cemento Asfaltico	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
2	Peso Probeta al Aire	1235.7	1234.4	1241.8	1235.1	1233.6
3	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1236.9	1235.8	1242.5	1236.7	1233.6
4	Peso de la Probeta en el Agua	735.0	733.4	737.7	732.8	732.0
5	Volumen de la Probeta	501.9	502.4	504.8	503.9	502.5
6	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.462	2.457	2.460	2.451	2.455
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	390	400	405	365	339
8	Estabilidad sin corregir	882	904	916	826	768
9	Factor Estabilidad	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
10	Estabilidad corregida (kg)	917	941	952	859	798
11	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	937				
12	Promedio Estabilidad (24 Horas)				819	
13	Estabilidad Retenida (%)	87.5				

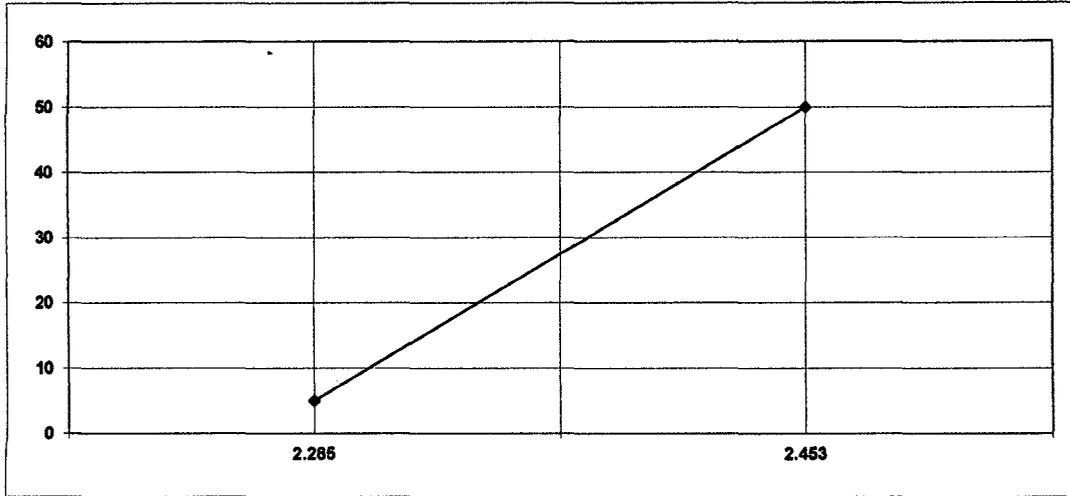
OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay		
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000		
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)	
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der	

ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

ENSAYO DE INDICE DE COMPACTABILIDAD



N° de Muestras	01	02	03	04
N° de Golpes Marshall	5	5	50	50
1.- Peso Briqueta al Aire	1232.0	1237.9	1233.6	1232.4
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1247.5	1256.7	1234.4	1234.6
3.- Peso por Desplazamiento	707.4	715.9	731.9	731.8
4.- Volumen de la Briqueta	540.1	540.8	502.5	502.8
5.- Peso Unitario (Gr/cc)	2.281	2.289	2.455	2.451
PROMEDIOS	2.285		2.453	

2.285	2.453
5	50

1

GEB(50) - GEB(5)

IC = 6.0

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emis.	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente 1 Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)
UBICACIÓN	: km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E - 504 - 2000
--

1.- Agregados en la Mezcla

% Grava	: 41.0%
% Arena Chancada < 3/16"	: 42.0%
% Arena Zaranandeada < 3/16"	: 16.0%
% Filler	: 1.0%
% Aditivo Morlyfe 5000	: 0.75%
TOTAL: 100%	

Nota : El 0.75% de Aditivo Mejorador de Adherencia es del Peso del Asfalto

2.- Composición de la Mezcla Final

Descripción	Valores de Diseño	Verificación del Diseño	Especificación	Observación
Optimo contenido de Cemento Asfáltico	6.00	6.30	-	
Peso Unitario (gr./cc.)	2.495	2.466	-	
Estabilidad (kg.)	1059	1027	815	Cumple
Flujo (mm.)	3.2	3.3	2 - 3.6	Cumple
% Vacíos de Aire	3.7	3.3	3 - 5	Cumple
V.M.A (%)	14.9	16.2	14 min.	Cumple
Compactacion, Numero de golpes	75	75	75	Cumple
Estabilidad Retenida		87.5 %	70 % min	NO Cumple
Relacion Polvo/Asfalto	1.1	1.1	0.6 - 1.3	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (Kg/cm.)	3310	3149	1700 - 4000	Cumple
Indice de Compactabilidad		6.0	5 min.	NO Cumple

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

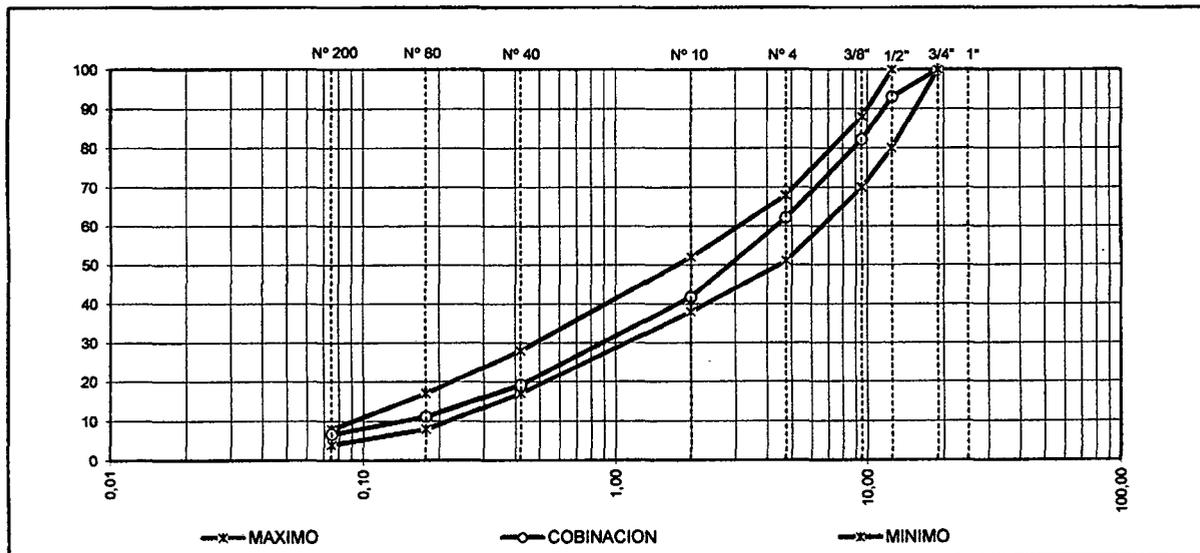
Proyecto : Tesis
 Para Optar Título : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Apoyo Técnico : Tec. C.R.G.
 Asesor de Tesis : Ing. P.A.C.D.

ANALISIS GRANULOMETRICO
 METODO NORMA MTC E-502 Y AASHTO T - 164

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MUESTRA : Combinacion para el Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4"
UBICACIÓN : Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

TAMIZ	AASHTO T-27 ABERT. (mm.)	Grava < 3/4"	A. CH	A. NAT	FILLER	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1 1/2"	37,500						MAC-2	Peso Mat. Humedo : Peso Mat. Seco :
1"	25,000							% de Humedad :
3/4"	19,000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	Peso Frac. Humeda :
1/2"	12,500	81,7	100,0	100,0	100,0	93,0	80 - 100	Peso Frac. Seca :
3/8"	9,500	53,1	100,0	100,0	100,0	82,2	70 - 88	
1/4"	6,350							
Nº 4	4,750	5,7	99,5	92,6	100,0	62,2	51 - 68	PROPORCIONES
Nº 8	2,360							
Nº 10	2,000	0,7	67,2	65,3	100,0	41,8	38 - 52	Grava chancada : % 38,0
Nº 16	1,180							Arena chancada : % 37,0
Nº 20	0,600							Arena zar. Lavada. : % 24,0
Nº 40	0,420		30,8	28,3	99,7	19,2	17 - 28	Filler - cal. : % 1,0
Nº 50	0,300							TOTAL : % 100,0
Nº 80	0,177		19,9	11,7	98,7	11,2	8 - 17	
Nº 100	0,150							OBSERVACIONES:
Nº 200	0,075		13,2	3,5	97,0	6,7	4 - 8	
< Nº 200	Fondo							

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
COMBINACION DE AGREGADOS
 (MALLAS EN ESCALA LOGARITMICA)



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

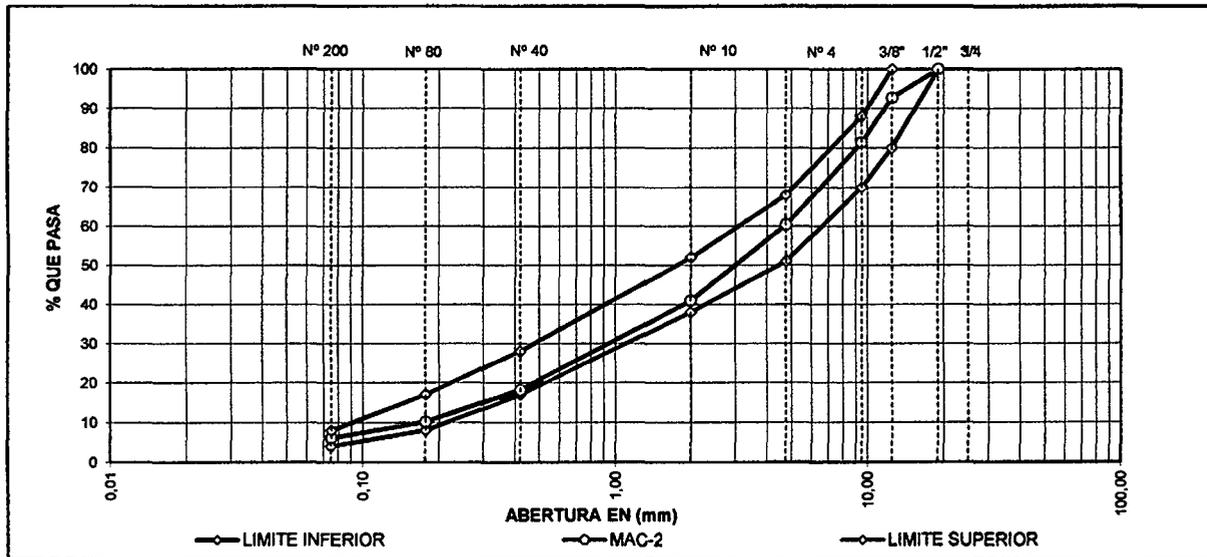
Informe N° : Tesis
 Fecha de Emisión : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ANALISIS GRANULOMETRICO
 METODO NORMA MTCE-502 Y AASHTO T-164

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MUESTRA : Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Cotaquite)
UBICACIÓN : Km 301+600 Acceso 10,6 km. L. Der

TAMIZ	AASHTO T-27 ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101,600						Peso Mat. Humedo :
3"	76,200						Peso Mat. Seco : 1785,6 gr
2 1/2"	63,000						% de Humedad :
2"	50,000						Peso Frac. Humeda :
1 1/2"	37,500					MAC-2	Peso Frac. Seca : 1077,5 gr
1"	25,000						
3/4"	19,000				100,0	100	
1/2"	12,500	128,8	7,2	7,2	92,8	80 - 100	PROPORCIONES
3/8"	9,500	204,4	11,4	18,7	81,3	70 - 88	
1/4"	6,350						Grava chancada % 38,0
Nº 4	4,750	374,3	21,0	39,6	60,4	51 - 68	Arena chancada % 37,0
Nº 8	2,360	306,1	17,2	56,8	43,2		Arena zar. Lavada. % 24,0
Nº 10	2,000	41,0	2,3	59,1	40,9	38 - 52	Filler - cal. % 1,0
Nº 16	1,180						TOTAL % 100,0
Nº 20	0,600						
Nº 40	0,420	405,9	22,7	81,8	18,2	17 - 28	OBSERVACIONES:
Nº 50	0,300	65,8	3,7	85,5	14,5		
Nº 80	0,177	78,3	4,4	89,9	10,1	8 - 17	
Nº 100	0,150						
Nº 200	0,075	71,8	4,0	93,9	6,1	4 - 8	
< Nº 200	Fondo	109,2	6,1	100,0			

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : Tesis
 Fecha de Emis : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
 (NORMA AASHTO T-84, T-85)

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL : Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"
UBICACIÓN : km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : Ccotaquite
MUESTRA :-
PROF. (m) :-

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	2368,4	2103,3	2245,1	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	1519,6	1346,4	1439,4	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	848,8	756,9	805,7	
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	2349,5	2086,4	2226,8	
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)	829,9	740,0	787,4	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2,768	2,757	2,764	2,763
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2,790	2,779	2,787	2,785
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2,831	2,819	2,828	2,826
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0,804	0,810	0,822	0,81

Observaciones:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : Tesis
 Fecha de Emisión : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
 (NORMA AASHTO T-84, T-85)

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahulato - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL : Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4"
UBICACIÓN : Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : Ccoataquite
MUESTRA : Mezcla de Arenas
PROF. (m) :-

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	300,0	300,0	300,0	
B	Peso Frasco + agua	637,1	636,1	631,1	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	937,1	936,1	931,1	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	829,4	828,2	823,4	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	107,7	107,9	107,7	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	297,3	297,4	297,4	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	105,0	105,3	105,1	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,760	2,756	2,761	2,759
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,786	2,780	2,786	2,784
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,831	2,824	2,830	2,828
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0,908	0,874	0,874	0,89

Observaciones:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis Fecha de Emisión : Ing. Civil Páginas : 01-01 Realizado por : Bach. D.J.T.M Revisado por : Tec. C.R.G. Certificado N° : Ing. P.A.C.D.
--	---

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4"	(Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	38,0
B ARENA CHANCADA	37,0
C ARENA ZARANDEADA	24,0
D FILLER	1,0
(PEN)	120 - 150

N	1	2	3	Promedio		
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4,50	4,50	4,50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	36,29	36,29	36,29	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	58,26	58,26	58,26	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0,96	0,96	0,96	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1,010	1,010	1,010	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,763	2,763	2,763	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,826	2,826	2,826	2,795
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,759	2,759	2,759	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,828	2,828	2,828	2,794
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2,370	2,370	2,370	2,370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1239,6	1244,2	1236,7	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1242,3	1248,1	1239,6	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	739,2	739,9	736,2	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	503,1	508,2	503,4	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,464	2,448	2,457	2,456
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,624	2,624	2,624	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,584	2,584	2,584	
20	% de Vacios	%	6,10	6,70	6,38	6,40
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,756	2,756	2,756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,822	2,822	2,822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,789	2,789	2,789	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0,43	0,43	0,43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85,38	84,84	85,13	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	8,52	8,46	8,49	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14,62	15,16	14,87	14,89
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4,09	4,09	4,09	4,1
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1,49	1,49	1,49	1,5
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	58,2	55,8	57,1	57,05
31	Lectura del Aro	pul.	398	400	415	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	900	904	938	
33	Factor de Estabilidad		1,04	1,00	1,04	
34	Estabilidad Corregida	kg	936	904	975	938,6
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	9,0	10,0	11,0	10,0
36	Fluencia	pul.	2,29	2,54	2,79	2,54
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4087	3561	3496	3715

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ceotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8186			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7614			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	9115			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1501,0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	572,0			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2,624			
CONTENIDO C-A				
4,50		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis Fecha de Emisión : Ing. Civil Páginas : 01-01 Realizado por : Bach. D.J.T.M Revisado por : Tec. C.R.G. Certificado N° : Ing. P.A.C.D.
--	---

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv. Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

	MATERIAL	%
		Mezcla
A	GRAVA TRITURADA	38,0
B	ARENA CHANCADA	37,0
C	ARENA ZARANDEADA	24,0
D	FILLER	1,0
	(PEN)	120 - 150

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5,00	5,00	5,00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	36,10	36,10	36,10	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57,95	57,95	57,95	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0,95	0,95	0,95	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1,010	1,010	1,010	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,763	2,763	2,763	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,826	2,826	2,826	2,795
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,759	2,759	2,759	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,828	2,828	2,828	2,794
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2,370	2,370	2,370	2,370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1245,9	1244,1	1244,4	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1247,3	1244,9	1246,0	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	743,8	745,8	744,9	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	503,5	499,1	501,1	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,474	2,493	2,483	2,484
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,603	2,603	2,603	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,563	2,563	2,563	
20	% de Vacios	%	4,94	4,24	4,60	4,60
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,756	2,756	2,756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,822	2,822	2,822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,789	2,789	2,789	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0,43	0,43	0,43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85,30	85,92	85,60	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9,76	9,83	9,80	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14,70	14,08	14,40	14,39
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4,59	4,59	4,59	4,6
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1,33	1,33	1,33	1,3
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	66,4	69,9	68,0	68,10
31	Lectura del Aro	pul.	520	535	528	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1172	1206	1190	
33	Factor de Estabilidad		1,04	1,04	1,04	
34	Estabilidad Corregida	kg	1219	1254	1238	1237,0
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	10,0	13,5	15,0	12,8
36	Fluencia	pul.	2,54	3,43	3,81	3,26
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4800	3656	3249	3902

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Cotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8186			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7609			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	9111			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1502,0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	577,0			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2,603			
CONTENIDO C-A				
5,00		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión: Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Cootaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	38,0
B ARENA CHANCADA	37,0
C ARENA ZARANDEADA	24,0
D FILLER	1,0
(PEN)	120 - 150

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5,50	5,50	5,50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	35,91	35,91	35,91	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57,65	57,65	57,65	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0,95	0,95	0,95	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1,010	1,010	1,010	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,763	2,763	2,763	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,826	2,826	2,826	2,795
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,759	2,759	2,759	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,828	2,828	2,828	2,794
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2,370	2,370	2,370	2,370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1246,3	1238,6	1243,8	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1247,2	1239,1	1244,2	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	746,7	742,4	746,5	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	500,5	496,7	497,7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,490	2,494	2,499	2,494
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,582	2,582	2,582	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,542	2,542	2,542	
20	% de Vacios	%	3,55	3,41	3,20	3,39
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,756	2,756	2,756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,822	2,822	2,822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,789	2,789	2,789	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0,43	0,43	0,43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85,38	85,50	85,69	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11,07	11,08	11,11	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14,62	14,50	14,31	14,47
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5,09	5,09	5,09	5,1
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1,20	1,20	1,20	1,2
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	75,7	76,5	77,6	76,60
31	Lectura del Aro	pul.	500	582	624	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1128	1310	1403	
33	Factor de Estabilidad		1,04	1,04	1,04	
34	Estabilidad Corregida	kg	1173	1363	1460	1331,7
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	14,0	15,0	15,0	14,7
36	Fluencia	pul.	3,56	3,81	3,81	3,73
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3295	3577	3831	3567

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente <3/4" (Cantera Ceotaquite)	
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8186			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7605			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	9105			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500,0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	581,0			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2,582			
CONTENIDO C-A				
5,50		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancaj
TRAMO	: Dv. Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	38,0
B ARENA CHANCADA	37,0
C ARENA ZARANDEADA	24,0
D FILLER	1,0
(PEN)	120 - 150

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6,00	6,00	6,00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	35,72	35,72	35,72	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57,34	57,34	57,34	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0,94	0,94	0,94	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1,010	1,010	1,010	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,763	2,763	2,763	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,826	2,826	2,826	2,795
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,759	2,759	2,759	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,828	2,828	2,828	2,794
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2,370	2,370	2,370	2,370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1240,5	1240,3	1246,0	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1240,5	1241,6	1246,1	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	744,5	746,8	747,4	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	496,0	494,8	498,7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,501	2,507	2,498	2,502
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,560	2,560	2,560	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,522	2,522	2,522	
20	% de Vacios	%	2,32	2,10	2,42	2,28
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,756	2,756	2,756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,822	2,822	2,822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,789	2,789	2,789	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0,43	0,43	0,43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85,30	85,50	85,22	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12,37	12,40	12,36	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14,70	14,50	14,78	14,66
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5,59	5,59	5,59	5,6
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1,09	1,09	1,09	1,1
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	84,2	85,5	83,6	84,44
31	Lectura del Aro	pul.	525	571	607	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1183	1286	1366	
33	Factor de Estabilidad		1,09	1,09	1,04	
34	Estabilidad Corregida	kg	1290	1402	1420	1370,6
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	16,0	15,5	16,0	15,8
36	Fluencia	pul.	4,06	3,94	4,06	4,02
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3177	3557	3498	3411

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfaltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8186			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7599			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	9102			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1503,0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	587,0			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2,560			
CONTENIDO C-A				
6,00		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4" (Cantera Ceotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	38,0
B ARENA CHANCADA	37,0
C ARENA ZARANDEADA	24,0
D FILLER	1,0
(PEN)	120 - 150

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6,50	6,50	6,50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	35,53	35,53	35,53	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57,04	57,04	57,04	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0,94	0,94	0,94	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1,010	1,010	1,010	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,763	2,763	2,763	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,826	2,826	2,826	2,795
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,759	2,759	2,759	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,828	2,828	2,828	2,794
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2,370	2,370	2,370	2,370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1241,3	1238,0	1238,4	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1241,4	1238,1	1238,4	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	742,2	740,2	741,5	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	499,2	497,9	496,9	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,487	2,486	2,492	2,488
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,544	2,544	2,544	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,502	2,502	2,502	
20	% de Vacios	%	2,25	2,26	2,03	2,18
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,756	2,756	2,756	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,822	2,822	2,822	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,789	2,789	2,789	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0,43	0,43	0,43	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84,36	84,36	84,55	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13,39	13,39	13,42	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	15,64	15,64	15,45	15,58
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	6,10	6,10	6,10	6,1
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1,00	1,00	1,00	1,0
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	85,6	85,6	86,9	86,01
31	Lectura del Aro	pul.	510	483	508	
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1150	1090	1146	
33	Factor de Estabilidad		1,04	1,04	1,04	
34	Estabilidad Corregida	kg	1196	1133	1191	1173,7
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	17,0	17,5	16,0	16,8
36	Fluencia	pul.	4,32	4,45	4,06	4,28
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2769	2547	2935	2750

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay		
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente 1 Km. 309+728 al Km. 356+000		
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)	
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km.	L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8116			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7632			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8864			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1232,0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	484,3			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2,544			
CONTENIDO C-A				
6,50		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

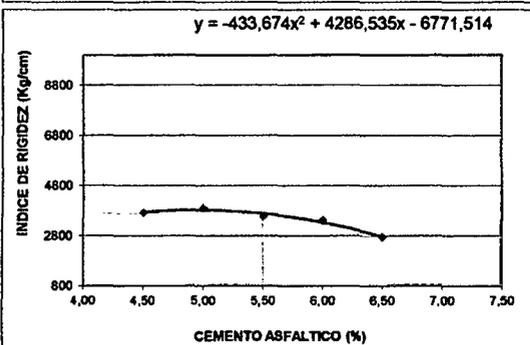
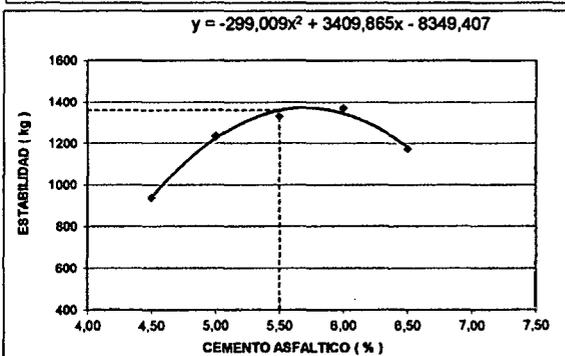
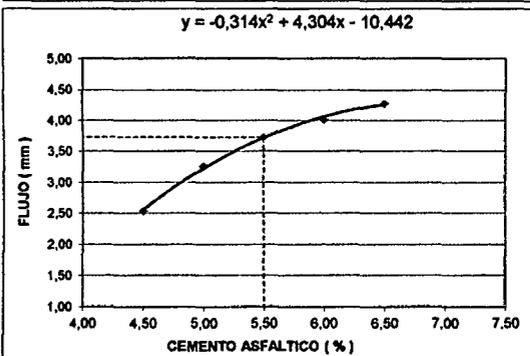
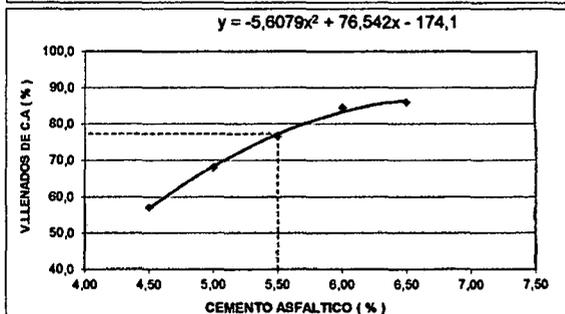
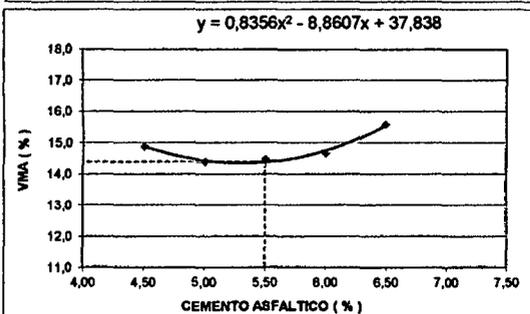
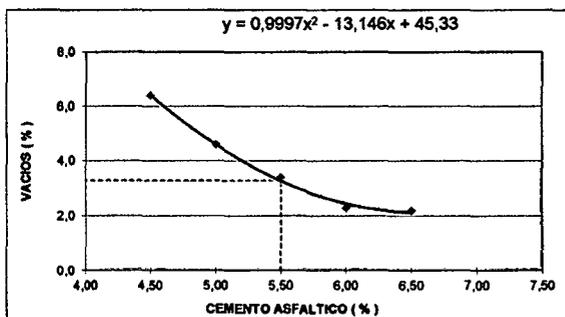
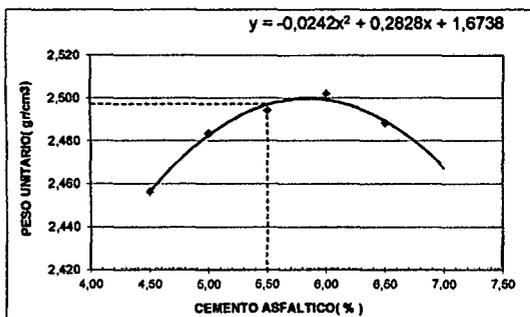
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : Tests
 Fecha de Emls. : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervision de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv. Kishuara-Puente Sahuluto - Frente 1 Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL : Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4" (Cantera Cotaquite)
UBICACIÓN : km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 - CON CAL+ ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA

POSIFICACION AGREGADOS N° 1 Grava Triturada 3/4" : 38,0% N° 4 Cal Hidratada : 1,00%
 N° 2 Arena Triturada 3/16" : 37% N° 5 Cem. Asf. : PEN 120 - 150
DISEÑO : 01 N° 3 Arena Zarandeada 3/16" : 24% N° 6 Ad.mej.de Adh. : 0,75%



RESULTADOS :

		ESPECIFIC.
OPTIMO CONTENIDO C.A. (%)	5,50	MIN 6
PESO UNITARIO (gr/cm ³)	2,50	-
VACIOS (%)	3,27	3 - 5
V.M.A. (%)	14,38	MIN 14
V. LLENADOS C.A. (%)	77,24	-
FLUJO (mm)	3,73	2 - 4
ESTABILIDAD (kg)	1359,83	MIN 815
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	3685,79	1700-4000

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

ENSAYO MARSHALL NORMA AASHTO T-245 Y ASTM D 1559

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4"	(Cantera Ccoataquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA TRITURADA	38,0
B ARENA CHANCADA	37,0
C ARENA ZARANDEADA	24,0
D FILLER	1,0
(PEN)	120 - 150

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6,10	6,10	6,10	6,10
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	35,68	35,68	35,68	35,68
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57,28	57,28	57,28	57,28
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0,94	0,94	0,94	0,94
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1,010	1,010	1,010	1,010
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,763	2,763	2,763	2,763
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,826	2,826	2,826	2,826
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,759	2,759	2,759	2,759
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,828	2,828	2,828	2,828
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2,370	2,370	2,370	2,370
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1243,1	1242,9	1239,0	1240,3
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1243,1	1243,1	1239,3	1240,4
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	746,7	746,8	743,5	746,3
16	Volumen de la Probeta	c.c.	496,4	496,3	495,8	494,1
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,504	2,504	2,499	2,510
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,559	2,559	2,559	2,559
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,518	2,518	2,518	2,518
20	% de Vacios	%	2,12	2,12	2,33	1,89
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,756	2,756	2,756	2,756
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,822	2,822	2,822	2,822
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,789	2,789	2,789	2,789
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0,43	0,43	0,43	0,43
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85,32	85,33	85,14	85,53
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12,55	12,55	12,53	12,58
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14,68	14,67	14,86	14,47
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5,69	5,69	5,69	5,69
29	Relacion Polvo - Asfalto	%	1,07	1,07	1,07	1,07
30	Relacion Asfalto - Vacios	%	85,5	85,6	84,3	86,9
31	Lectura del Aro	pul.	560	580	568	568
32	Estabilidad sin Corregir	kg	1261	1306	1279	1279
33	Factor de Estabilidad		1,04	1,04	1,09	1,09
34	Estabilidad Corregida	kg	1312	1358	1394	1394
35	Lectura del Fleximetro (0.01")	mm.	15,2	15,0	15,0	15,2
36	Fluencia	pul.	3,87	3,82	3,81	3,87
37	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3390	3555	3659	3603

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emisión	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv. Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MUESTRA N°	1	2	3	4
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO + AGUA	8185			
2.- DIFERENCIA DEL PESO (03) - (04)	7596			
3.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	9103			
4.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1507,0			
5.- AGUA DESPLAZADA (1) - (2)	589,0			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (4) / (5)	2,559			
CONTENIDO C-A				
6,10		Ing. Civil		

OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : Tesis
 Fecha de Emisión : Ing. Civil
 Páginas : 01-01
 Realizado por : Bach. D.J.T.M
 Revisado por : Tec. C.R.G.
 Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

OBRA : Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay
TRAMO : Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000
MATERIAL : Diseño Teórico de Mezcla Asfáltica en Caliente <3/4" (Cantera Ccotaquite)
PROGRESIVA : Km 309+700 Acceso 10,6 km. L. Der

ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA

N° DE PROBETAS	30 Minutos			24 Horas			
	01	02	03	04	05	06	
1	Contenido de Cemento Asfáltico	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	
2	Peso Probeta al Aire	1235,4	1239,8	1235,8	1234,6	1232,4	
3	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1236,5	1240,5	1237,1	1235,8	1233,6	
4	Peso de la Probeta en el Agua	735,1	735,9	731,6	732,5	734,6	
5	Volumen de la Probeta	501,4	504,6	505,5	503,3	501,2	
6	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2,464	2,457	2,445	2,453	2,463	
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	390	400	405	365	339	
8	Estabilidad sin corregir	882	904	916	826	768	
9	Factor Estabilidad	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	
10	Estabilidad corregida (kg)	917	941	952	859	798	
11	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	937					
12	Promedio Estabilidad (24 Horas)				819		
13	Estabilidad Retenida (%)				87,5		

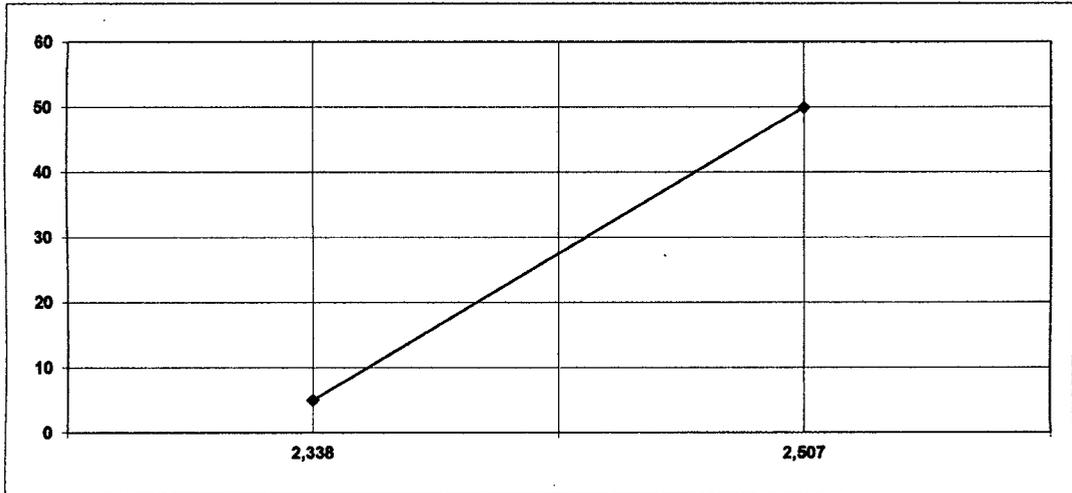
OBSERVACIONES :

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : Tesis
	Fecha de Emisión : Ing. Civil
	Páginas : 01-01
	Realizado por : Bach. D.J.T.M
	Revisado por : Tec. C.R.G.
	Certificado N° : Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay		
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000		
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)	
PROGRESIVA	: Km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der	

ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

ENSAYO DE INDICE DE COMPACTABILIDAD



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	5	5	50	50
1.- Peso Briqueta al Aire	1237,4	1237,4	1240,7	1246,1
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1245,2	1247,9	1241,1	1248,3
3.- Peso por Desplazamiento	717,6	716,9	745,8	751,5
4.- Volumen de la Briqueta	527,6	531,0	495,3	496,8
5.- Peso Unitario (Gr/cc)	2,345	2,330	2,505	2,508
PROMEDIOS	2,338		2,507	

2,338	2,507
5	50

1

GEB(50) - GEB(5)

IC = 5,9

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: Tesis
	Fecha de Emis.	: Ing. Civil
	Páginas	: 01-01
	Realizado por	: Bach. D.J.T.M
	Revisado por	: Tec. C.R.G.
	Certificado N°	: Ing. P.A.C.D.

OBRA	: Supervisión de la Obra de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho-Abancay	
TRAMO	: Dv.Kishuara-Puente Sahuinto - Frente I Km. 309+728 al Km. 356+000	
MATERIAL	: Diseño Teorico de Mezcla Asfáltica en Caliente < 3/4"	(Cantera Ccotaquite)
UBICACIÓN	: km 309+700	Acceso 10,6 km. L. Der

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
MTC E - 504 - 2000

1.- Agregados en la Mezcla

% Grava	: 41,0%
% Arena Chancada < 3/16"	: 42,0%
% Arena Zaranandada < 3/16"	: 16,0%
% Filler	: 1,0%
% Aditivo Morlyfe 5000	: 0,75%
TOTAL: 100%	

Nota : El 0.75% de Aditivo Mejorador de Adherencia es del Peso del Asfalto

2.- Composición de la Mezcla Final

Descripción	Valores de Diseño	Verificación del Diseño	Especificación	Observación
Optimo contenido de Cemento Asfáltico	5,50	6,10	-	
Peso Unitario (gr./cc.)	2,497	2,504	-	
Estabilidad (kg.)	1360	1365	815	Cumple
Flujo (mm.)	3,7	3,8	2 - 3.6	NO Cumple
% Vacios de Aire	3,3	2,1	3 - 5	Cumple
V.M.A (%)	14,4	14,7	14 min.	Cumple
Compactacion, Numero de golpes	75	75	75	Cumple
Estabilidad Retenida		87,5 %	70 % min	NO Cumple
Relacion Polvo/Asfalto	1,1	1,1	0.6 - 1.3	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (Kg/cm.)	3644	3552	1700 - 4000	Cumple
Indice de Compactabilidad		5,9	5 min.	NO Cumple