



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON
BETUTEC IC + ADITIVO WARMIX RESPECTO A LA MEZCLA
ASFÁLTICA CONVENCIONAL**

PRESENTADA POR

PATRICIA ELIZABETH CAHUANA HUAYANCA

HERLESS LIMAS SIFUENTES

ASESORES

ALEXIS SAMOHOD ROMERO

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

Los autores permiten transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CON BETUTEC IC + ADITIVO WARMIX RESPECTO A LA
MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

CAHUANA HUAYANCA, PATRICIA ELIZABETH

LIMAS SIFUENTES, HERLESS

LIMA, PERÚ

2018

Dedico esta tesis a Dios, por cuidarme y guiarme en cada paso que doy, dándome fuerzas para no rendirme ante los problemas.

A mi familia, en especial a mis padres, Nerida y Daniel, por siempre apoyarme y motivarme a cada día ser mejor; a mis hermanos por estar presentes en cada logro, a Maurizio por haber estado ahí siempre a mi lado, y a mi abuelita María que me cuida y guía desde el cielo.

Patricia Cahuana Huayanca

Dedico esta tesis a Dios, por brindarme salud y fuerzas para no rendirme ante los problemas que se van presentando.

A mis padres, Domingo Guzmán Limas Rojas y Demitana Sifuentes Villanueva, quienes con esfuerzo me brindaron educación y me motivaron las ganas de superación, de igual manera a mi hermano, Alfredo Walter Herrera Sifuentes, por brindarme su aliento y apoyo.

Herless Limas Sifuentes

AGRADECIMIENTO

Nuestro especial reconocimiento y gratitud al Ingeniero José Granados Noa, por su orientación y colaboración en la asesoría para la realización de esta tesis, y al laboratorio MYB Servicios Generales E.I.R.L. Así como a los ingenieros, Alexis Samohod Romero y Juan Manuel Oblitas Santa María, por sus recomendaciones.

A la Universidad de San Martín de Porres, a la Escuela de Ingeniería Civil y a los ingenieros docentes durante todo nuestro periodo universitario, quienes colaboraron en el afianzamiento de nuestros conocimientos.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema	2
1.3 Objetivos le la Investigación	3
1.4 Justificación de la Investigación	4
CAPÍTULO II MARCO TEORICO	6
2.1 Antecedentes Del Problema	6
2.2 Bases Teóricas	10
CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y VARIABLES	42

3.1 Hipótesis	42
3.2 Variables	43
3.3 Matriz de Consistencia	45
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA	46
4.1 Diseño Metodológico	46
4.2 Técnica de Recolección de Datos	47
4.3 Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información	48
4.4 Diseño Muestral	48
CAPÍTULO V RESULTADOS	49
5.1 Materiales	50
5.2 Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional	63
5.3 Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada	69
5.4 Contenido Óptimo de Asfalto	75
5.5 Análisis Comparativo Costo-Beneficio de la Mezcla Asfáltica Convencional y Mezcla Asfáltica Modificada	79
5.6 Procedimiento para la Elaboración de Briquetas De Asfalto Convencional y Modificado	80
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN	87
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90
GLOSARIO	91
FUENTES DE INFORMACIÓN	94

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso	11
Tabla 2 Gradaciones para una Mezclaasfáltica en Caliente	14
Tabla 3 Requerimiento para los Agregados Gruesos	17
Tabla 4 Requerimiento para los Agregados Finos	18
Tabla 5 Requerimientos de Usos Granulométricos	19
Tabla 6 Selección del Tipo de Cemento Asfáltico	20
Tabla 7 Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración	21
Tabla 8 Causas y Efectos de Estabilidad en el Pavimento	27
Tabla 9 Causa y Efectos de una Poca Durabilidad	28
Tabla 10 Causas y Efectos de la Permeabilidad	29
Tabla 11 Causas y Efectos de Problemas de Trabajabilidad	30
Tabla 12 Causa y Efectos de una Mala Resistencia a la Fatiga	31
Tabla 13 Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso	32
Tabla 14 Requisitos de Adherencia	33
Tabla 15 Vacíos Mínimos en el Agregado Mineral	34
Tabla 16 Vacíos Llenos con Asfalto (Vfa)	35
Tabla 17 Mínimo Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral	35
Tabla 18 Tolerancia Mínima	36
Tabla 19 Criterio del Instituto del Asfalto (Usa) para el Diseño Marshall	37
Tabla 20 Tamaño de Muestra	39

Tabla 21 Operacionalización de Variable Independiente	43
Tabla 22 Operacionalización de Variable Dependiente	44
Tabla 23 Selección del Tipo de Cemento Asfáltico	50
Tabla 24 Requerimiento para los Agregados Gruesos	55
Tabla 25 Resultados de Requerimiento para Agregado Grueso	56
Tabla 26 Requerimiento para los Agregados Finos	59
Tabla 27 Resultado de Requerimiento para el Agregado Fino	60
Tabla 28 Porcentaje de Combinación de Agregados	63
Tabla 29 Resultado del Diseño Marshall de la Mezcla Convencional	65
Tabla 30 Máxima Gravedad Específica	68
Tabla 31 Inmersión – Compresión	69
Tabla 32 Resultado del Diseño Marshall de la Mezcla Convencional	71
Tabla 33 Máxima Gravedad Específica	74
Tabla 34 Inmersión – Compresión	75
Tabla 35 Requerimientos EG – 2013 y Diseño Marshall de la Mezcla Asfáltica Convencional	76
Tabla 36 Análisis Comparativo Económico	80
Tabla 37 Comparativo de Mezcla Convencional vs Modificado	87

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Valores del Módulo Elástico del Coeficiente Estructural (a1)	12
Figura 2 Valores del Coeficiente Estructural (a1) a partir de la Estabilidad Marshall	13
Figura 3 Representación de Volúmenes en una Briqueta Compactada de Mezcla Asfáltica	23
Figura 4 Ilustración del VMA en una Probeta de Mezcla Compactada	24
Figura 5 Piedra Chancada de 3/4"	51
Figura 6 Confitillo de 1/2"	52
Figura 7 Arena Chancada	52
Figura 8 Arena Procesada	53
Figura 9 Cuarteo Manual de Agregado	53
Figura 10 Tamizador Mecánico	54
Figura 11 Análisis Granulométrico Piedra Chancada 3/4"	57
Figura 12 Análisis Granulométrico Confitillo 1/2"	57
Figura 13 Análisis Granulométrico Agregado Grueso	58
Figura 14 Análisis Granulométrico Arena Chancada	61
Figura 15 Análisis Granulométrico Arena Procesada	61
Figura 16 Análisis Granulométrico de Agrego Fino	62
Figura 17 Curva Granulométrica de Mezclas de Agregados	63
Figura 18 Probetas Marshall de Mezcla Asfáltica Convencional con diferentes Contenido de asfalto	64

Figura 19 Curva de Estabilidad	65
Figura 20 Curva de Flujo	66
Figura 21 Curva de Espacios Vacíos	66
Figura 22 Curva de Densidad	67
Figura 23 Vacíos del Agregado Mineral	67
Figura 24 Probetas Marshall de Mezcla Asfáltica Modificada con Diferente Contenido de Asfalto	70
Figura 25 Curva de Estabilidad	71
Figura 26 Curva de Espacios Vacíos	72
Figura 27 Curva de Densidad	72
Figura 28 Curva de Densidad	73
Figura 29 Vacíos del Agregado Mineral	73
Figura 30 Variación del Flujo respecto % Cemento Asfáltico	77
Figura 31 Variación de Estabilidad respecto % Cemento Asfáltico	77
Figura 32 Variación de Vacíos respecto % Cemento Asfáltico	78
Figura 33 Variación de VMA respecto % Cemento Asfáltico	78
Figura 34 Variación de Densidad respecto % Cemento Asfáltico	79
Figura 35 Ensayo Granulométrico	81
Figura 36 Agregados en el horno a una Temperatura de 150° C	82
Figura 37 Mezcla del PEN 60/70 y Agregados	82
Figura 38 Compactación de Briqueta	83
Figura 39 Mezcla de Agregados en molde Marshall	83
Figura 40 Desmoldación en Prensa Hidráulica	83
Figura 41 Peso Específico	84
Figura 42 Baño María	84
Figura 43 Prensa Marshall	85
Figura 44 Mezcla Asfáltica para RICE	85
Figura 45 Ensayo Máxima Gravedad Específica	86

RESUMEN

La presente tesis fue realizada con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada incorporando Betutec IC + aditivo Warmix, a fin de ofrecer una alternativa de solución a los problemas que afectan al asfalto y consecuentemente a la carpeta asfáltica.

Obtenidas las características de los agregados y el cemento asfáltico, se procedió a realizar Ensayos Marshall para determinar la densidad, estabilidad, fluidez, vacíos del agregado mineral y espacios vacíos en la mezcla asfáltica convencional y modificada con Betutec IC + aditivo Warmix a fin de evaluar su comportamiento mecánico.

Los resultados obtenidos muestran mejoras en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada, lo cual permitió concluir que la incorporación del Betutec IC + aditivo Warmix en una mezcla asfáltica presenta: menor pérdida de resistencia por efecto del agua, mayor resistencia a la deformación, mayor cohesión y resistencia al esfuerzo cortante; los cuales se traducen en una mayor durabilidad ante los agentes agresores e incrementa la vida útil del pavimento.

La tesis es aplicada y de tipo experimental, tiene como finalidad tener una propuesta tecnológica innovadora en asfalto modificado.

Palabras claves: mezcla asfáltica modificada, Betutec IC, aditivo Warmix, comportamiento mecánico.

ABSTRACT

This thesis was carried out in order to improve the mechanical behavior of the modified asphalt mixture; incorporating Betutec IC + Warmix additive, in order to offer an alternative solution to the problems that affect the asphalt.

Once the characteristics of the aggregates and the asphalt cement were obtained, Marshall tests were carried out to determine the density, stability, fluidity, voids of the mineral aggregate and empty spaces in the conventional asphalt mixture and modified with Betutec IC + Warmix additive in order to evaluate its mechanical behavior.

The results obtained show improvements in the mechanical behavior of the modified asphalt mixture, which allows to conclude that the incorporation of Betutec IC + Warmix additive in an asphalt mixture shows: lower loss of resistance due to water effect, greater resistance to deformation, higher cohesion and shear resistance; which translates into greater durability before the aggressors and increases the useful life of the pavement.

This thesis is applied and experimental, it aims to have an innovative technological proposal in the field of modified asphalt.

Keywords: modified asphalt mixture, Betutec IC, Warmix additive, mechanical behavior.

INTRODUCCIÓN

En el Perú existen parámetros que determinan la calidad de los materiales a emplear y por consiguiente la calidad de las obras viales, las mismas que son aplicadas para ejecución y supervisión, a fin de optimizar los recursos empleados y garantizar la calidad del pavimento que está sometido a niveles elevados de tránsito y en clima predominantemente frío con temperaturas mínimas y máximas, cuyas condiciones son desfavorables para el comportamiento estructural del pavimento asfáltico.

En la actualidad, los pavimentos flexibles se deterioran prematuramente antes de cumplir con la vida útil para la que fueron diseñados, debido especialmente al incremento de vehículos de alta capacidad de carga, y a la variación brusca de temperatura como consecuencia del cambio climático.

Entre los principales problemas que afectan al asfalto en el pavimento se encuentran: el envejecimiento debido a cambios en sus propiedades mecánicas lo cual tiene un efecto negativo en su comportamiento y durabilidad durante su vida útil, la deformación permanente debido a la falta de consistencia que aporta el asfalto a altas temperaturas produciendo ahuellamiento; y fisuramientos por fatiga que afectan al pavimento debido a las frecuentes cargas de trabajo impuestas sobre el asfalto en el pavimento.

La presente investigación se refiere a realizar el análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificado con Betutec IC + aditivo Warmix respecto a la mezcla asfáltica convencional para su aplicación en obras de pavimentos flexibles.

La tesis promueve una propuesta tecnológica en asfalto modificado con Betutec IC + aditivo Warmix con características mecánicas de mejor comportamiento estructural; desde el punto de vista económico y ambiental, este proyecto reduce tanto costos como emisiones de gases por mantenimiento de pavimentos, puesto que un mantenimiento regular de pavimento se debe llevar a cabo cada tres años, no obstante, con este proyecto se estima un mantenimiento cada diez años, porque con la incorporación de material modificado se permite prolongar la vida útil del pavimento.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Las carreteras son muy importantes para la infraestructura del Perú, ya que aportan al desarrollo económico, social y cultural. La vía nacional pavimentada cuenta con 23 000 kilómetros hasta el 2017, de los cuales el 19.9% han sido afectadas por el fenómeno de El Niño, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ya que no están diseñadas para desastres naturales de tal magnitud.

En la actualidad, los pavimentos flexibles se deterioran prematuramente antes de cumplir con la vida útil para la que fueron diseñados, debido especialmente al incremento de vehículos de alta capacidad de carga, y a la variación brusca de temperatura como consecuencia del cambio climático.

Una de las variables que genera esta contaminación ambiental viene a ser la inadecuada disposición final de la mezcla asfáltica convencional, por consiguiente en el presente trabajo de investigación, se ha incorporado un asfalto modificado con Betutec IC + aditivo Warmix, que contribuye en la mejora de la calidad de la mezcla asfáltica en caliente; lo que se

corroboró mediante los Ensayos Marshall, en los siguientes parámetros: Estabilidad, Fluidéz, Densidad, Espacios Vacíos de la Mezcla Asfáltica y Espacios Vacíos del Agregado Mineral.

1.2 Formulación del Problema

Los problemas planteados para desarrollar esta investigación fueron observados en un estudio acerca de la problemática del transporte en la ciudad de Lima, específicamente se observó el mantenimiento de las vías pavimentadas y se plantearon los siguientes problemas generales y específicos a modo de preguntas.

1.2.1 Problema General

¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la Estabilidad de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?

¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la Fluidéz de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?

¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la Densidad de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?

¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en los Vacíos de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?

¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en los Vacíos en el agregado mineral de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?

1.3 Objetivos de la Investigación

Los objetivos generales y específicos de este proyecto se han planteado como respuesta a la problemática antes descrita en la ciudad de Lima.

a) Objetivo General

Realizar un análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix respecto a la mezcla asfáltica convencional.

b) Objetivos Específicos

- Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de la Estabilidad respecto a la mezcla asfáltica convencional.
- Realizar de la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de la Fluidez respecto a la mezcla asfáltica convencional.
- Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de la Densidad respecto a la mezcla asfáltica convencional.
- Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de los Vacíos en la mezcla asfáltica respecto a la mezcla asfáltica convencional.
- Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de los Vacíos en el agregado mineral en la mezcla asfáltica respecto a la mezcla asfáltica convencional

1.4 Justificación de la Investigación

Las justificaciones de esta investigación, están basadas en el aspecto social, económico y ambiental; y se realizó en base a determinados alcances y limitaciones que se precisan a continuación.

1.4.1 Aspecto Social

La entrega de esta investigación tiene la finalidad de que la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix, tendrá una Durabilidad mayor a la convencional, proporcionando una alternativa de solución adecuada para afrontar el problema del tiempo de vida útil y el mantenimiento de los pavimentos.

1.4.2 Aspecto Económico

La investigación tiene importancia económica para los nuevos proyectos de pavimentos con mezcla asfáltica modificada, con Betutec IC + aditivo Warmix, con ello se podrá realizar los mantenimientos a un plazo de diez años, con respecto a una mezcla asfáltica convencional que es de cuatro años, que a largo plazo resultará económico.

1.4.3 Aspecto Ambiental

Los procesos de mezclado y compactación empleados en las mezclas asfálticas en caliente requieren altas temperaturas, por lo que la emisión de gases contaminantes es elevada para el proceso productivo, haciéndolo costoso y causante de un grave daño ambiental.

Nace la necesidad de búsqueda de materiales que mejoren la Mezcla Asfáltica para que su vida útil sea mayor.

1.4.4 Alcances y Limitaciones

El desarrollo de esta investigación se realizó en base a ensayos de laboratorio, realizados en el Laboratorio de la Universidad de

San Martín de Porres y el Laboratorio MYB Servicios Generales E.I.R.L. Por contarse con estas posibilidades, se concluye que esta investigación no presenta limitación alguna.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

En los últimos años se han desarrollado e implementado investigaciones de asfalto modificados que permiten el mejoramiento de la capa de rodadura, las cuales sirven para guiar y realizar la presenta investigación, resaltando las diferentes metodologías que se usaron para alcanzar los objetivos, alcances y resultados.

2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional

En las conclusiones de la tesis denominada “Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus y mezcla asfáltica modificada con Polímeros tipo SBS PG 70-28”, de Estrada, V., 2017, p. 157, se determinó que:

“el uso de una mezcla asfáltica convencional, se ve afectada por distintos factores como son, el volumen de tránsito, exceso de cargas, factores climatológicos, etc. y el uso de una mezcla asfáltica modificada con polímero de tipo SBS ofrecerá mejor respuesta mecánica que una mezcla asfáltica convencional, mejorando el desempeño de la carpeta asfáltica e incrementando la vida útil del pavimento. Debido a que la mezcla asfáltica

modificada con polímero SBS PG 70 -28 demostró tener un mejor comportamiento mecánico y mucho mayor desempeño que la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico – económico con los asfaltos convencionales”, de Pereda y Cubas, 2015 p. 102, se determinó que:

“el uso de mediante los ensayos realizados que la adición del polvo de llantas mejora el comportamiento físico-mecánico del asfalto convencional RC-70; también mejora la resistencia a la deformación plástica de una mezcla asfáltica. Esto se observa en el comportamiento del RC - 70 en la recuperación elástica por torsión, siendo el asfalto modificado 37 % más recuperable que el convencional.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Comportamiento mecánico de las mezclas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt)”, de Paredes, E., 2009, p. 254, se determinó que:

“los estudios empíricos han demostrado buena capacidad y buen módulo de rigidez ante presiones determinadas y a temperaturas extremas, por lo que es recomendable esta mezcla para el uso en zonas de alturas donde los vacíos no permiten que se desgaste o se resquebraje con los cambios de temperatura que existen.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Comportamiento mecánico de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando Cal, en los aeropuertos del sur de Perú”, de Ordoñez, A., 2008, p. 178, se determinó que:

“los resultados de laboratorio se determinó que se tiene una mejora en las propiedades físico–mecánicas de mezclas asfálticas en caliente empleando cal, tales como la tracción indirecta con 84.50%, estabilidad 1181Kg, flujo 5.0 pulg. Y el índice de rigidez Marshall con 2360 Kg/cm, por lo que se puede

asegurar una buena Trabajabilidad y que los daños en la pista de aterrizaje van a disminuir con la utilización de esta mezcla.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Utilización de aditivos polímeros en pavimentos flexibles”, de López, M., 2004, p. 17, se determinó que:

“el empleo de una mezcla asfáltica con polímero constituye una solución más económica a largo plazo, para proyectos viales en donde se requiere mezclas de gran durabilidad y resistencia a las deformaciones permanentes. La incorporación del filler y el polímero a las mezclas asfálticas, espesan al cemento asfáltico, modificando su flujo viscoso y mejorando la adherencia con el agregado pétreo. El cemento asfáltico modificado provee un mayor espesor de película de ligante que recubre el árido, permitiendo retardar el envejecimiento.”

2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional

En las conclusiones de la tesis denominada “Análisis costo-beneficio basado en el ciclo de vida útil de mezcla de asfalto modificado con polvo de caucho en la capa de rodadura”, de Contreras y Delgado, 2017, p. 113 y 114, se determinó que:

“se ha demostrado que las capas de rodadura que incluyen polvo de caucho tienen un mejor comportamiento debido a que los agregados se unen de mejor forma. Al mejorar la resistencia a la fatiga y ahuellamiento, reduce la necesidad de intervención en la vía a lo largo de su periodo de vida útil. Esto significa un ahorro en costos de materiales nuevos, colocación, transporte y todo lo que implica la conservación vial. Por lo tanto, la inversión inicial se ve compensada por el ahorro a largo plazo en el mantenimiento de la misma.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Diseño de Mezcla Asfáltica con caucho SBR usando método Marshall”, de Ortiz, K., 2016, p. 76, se determinó que:

“al analizar los resultados obtenidos de estabilidad y fluencia queda demostrado que las mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos modificados posee un mejor comportamiento que las mezclas elaboradas con asfalto convencional, tal como se esperaba, ya que la finalidad de modificar los asfalto es mejorar sus propiedades. El ensayo de compresión de probetas no es determinante para el análisis comparativo que se está realizando, debido a que en ambos asfaltos la compresión se produce cuando los áridos se comprimen, ya que una de las principales cualidades del asfalto es que es un pavimento flexible. La carga máxima que soporta el asfalto se mide en el ensayo Marshall, específicamente en la estabilidad.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Realidades y Percepciones del uso de los asfaltos modificados en Colombia”, de Pérez, R., 2014, p. 33, se determinó que:

“en general, las mezclas asfálticas modificadas con el desecho de PVC tienden a poseer un comportamiento rígido. A bajas temperaturas de servicio estas mezclas pueden tener un comportamiento frágil, llevando a pensar que tendrían un mejor desempeño en climas cálidos. Los valores de estabilidad y rigidez Marshall de las mezclas modificadas con CA 80-100 y CA 60-70 son mayores para cualquier porcentaje de CA y PVC, en comparación con la mezcla convencional.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero Etileno Vinil Acetato”, de Maila, M., 2013, p. 158, se determinó que:

“de acuerdo a los ensayos realizados en pruebas de laboratorio se determinó que se tiene una notable mejora en las propiedades mecánicas tales como

módulo dinámico elástico, resistencia a la tensión indirecta, resistencia a la pérdida por desgaste, estabilidad, flujo y susceptibilidad térmica de la mezcla modificada con respecto a la mezcla convencional, por lo que se puede asegurar que los daños viales van a disminuir con la utilización de esta mezcla.”

En las conclusiones de la tesis denominada “Análisis de pavimento asfáltico modificado con Polímeros”, de Wulf, F., 2008, p. 78, se determinó que:

“al analizar los resultados obtenidos de estabilidad y fluencia queda demostrado que las mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos modificados posee un mejor comportamiento que las mezclas elaboradas con asfalto convencional, tal como se esperaba, ya que la finalidad de modificar los asfalto es mejorar sus propiedades.”

2.2 Bases Teóricas

Las bases teóricas de la investigación que fueron tomadas en cuenta para el desarrollo del capítulo dos son las siguientes:

2.2.1 Diseño de mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Para realizar el diseño de la mezcla asfáltica en caliente se tomaron en consideración dos aspectos que son:

a) Análisis estructural de capa asfáltica en base al componente estructural de la mezcla (a1)

Debido a que no se cuenta con los diseños de mezcla asfáltica de gradación MAC 1 y MAC 2 del diseño de una carpeta asfáltica, se analizará para una mezcla cuyas propiedades cumplan con el mínimo requerido en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Por lo indicado y al no existir diseño inicial de la mezcla asfáltica, se analizó mediante el método de Estabilidad Marshall, el cual presenta valores mínimos de Estabilidad, que se tomarán como referencia para el caso de tráfico pesado como corresponde. En la Tabla 1 se presentan los Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso.

Tabla 1
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 (831 kg)	5.44 KN (555 kg)	4.53 KN (462 kg)
3. Flujo 0.01 (0.25mm)	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		
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)		1.7 - 4.0	
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283		80 min.	

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Se ha considerado la mezcla clase A compactada, según el procedimiento Marshall, con 75 golpes por cara que además es más exigente en términos de calidad de agregados y propiedades de la mezcla, tanto mecánica como

volumétrica. Será sometida a un elevado número de repeticiones de carga durante el periodo de diseño.

Para mezclas establece una Estabilidad mínima de 8,15 KN, lo que equivale a 1.830 lbs o 831 kg valor que corresponde, de acuerdo con el procedimiento AASHTO, a un Coeficiente Estructural (a_1) de 0.41 (ver figura 1), a su vez equivale aproximadamente a un Módulo Elástico de 380,000 psi, tal como se muestra en la figura 2.

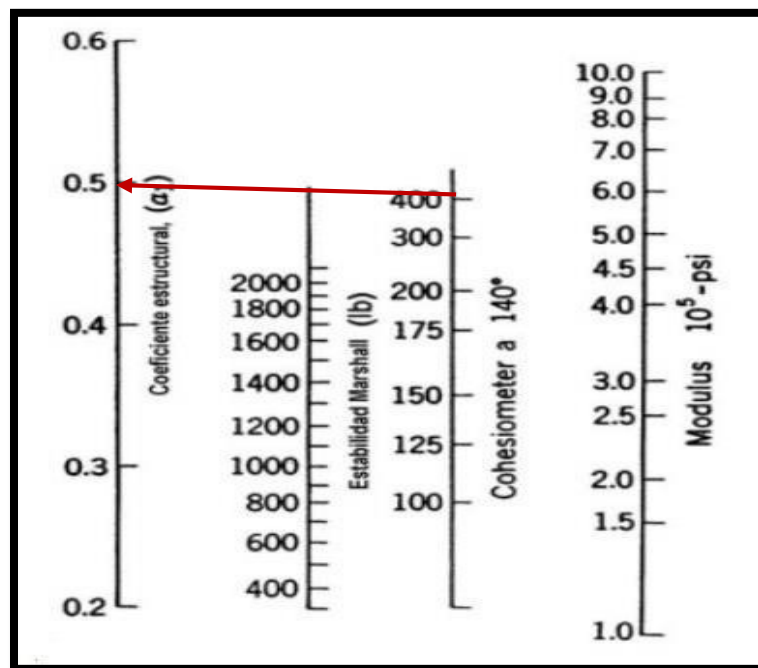


Figura 1: Valores del Módulo Elástico del Coeficiente

Estructural (a_1)

Fuente: AASHTO guía para el diseño de Estructuras de Pavimento

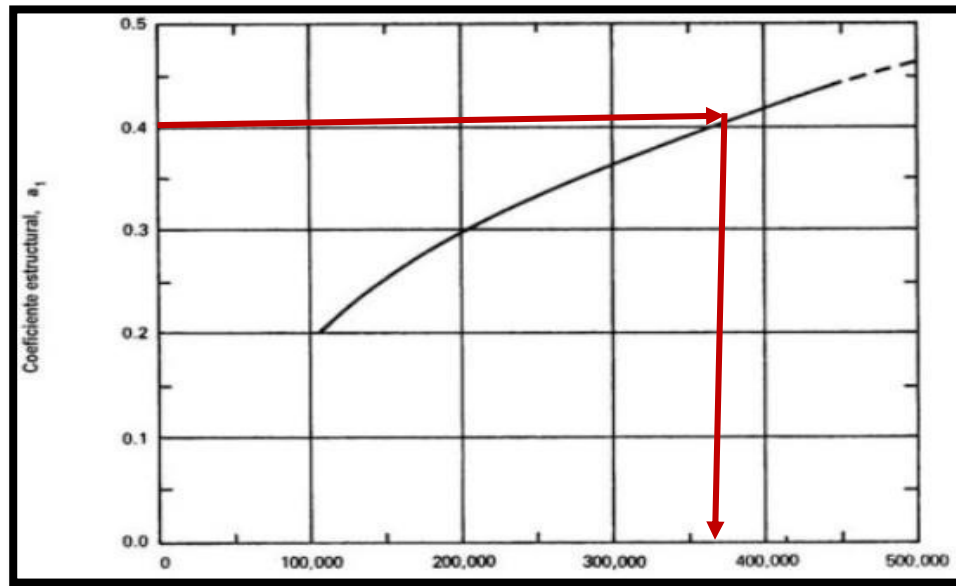


Figura 2: Valores del Coeficiente Estructural (a_1) a partir de la Estabilidad Marshall

Fuente: Fuente: AASHTO guía para el diseño de Estructuras de Pavimento

b) Análisis estructural de capa asfáltica en base al tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones del Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, se tiene que MAC 1 presenta un Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 19 mm; mientras que MAC 2 presenta un TMN de 12.5 mm. En la Tabla 2 se muestra las Gradaciones para una Mezcla Asfáltica.

Tabla 2
Gradaciones para una Mezcla Asfáltica en Caliente

Tamiz	Propiedades 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 - 83	80 - 100	
9.5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4.75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2.00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 µm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N° 80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
75 µm (N° 200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

El Manual del MTC (EG-2013) no indica una relación de TMN con el espesor de la carpeta asfáltica a colocar, sin embargo se tienen recomendaciones en otras normas internacionales.

Rondón, H. y Reyes, F., en su libro Pavimentos: materiales, construcción y diseño, 2015, p. 150 indica que:

“Hughes (1990) presenta que la gradación tiene el mayor impacto en la minimización del fenómeno de ahuellamiento de mezclas asfálticas en comparación con mejorar o modificar el ligante asfáltico. De acuerdo con Brown y Pell (1974), agregados pétreos con gradaciones densas y textura rugosa son deseables para controlar el fenómeno de ahuellamiento. Pelland et al. (2004) y Khattak y Roussel (2008) mencionan que mezclas fabricadas con agregados pétreos con gradaciones gruesas ayudan a aumentar la resistencia al ahuellamiento. Mathews y Monismith (1993) afirman que mezclas fabricadas con gradaciones medias tienen mayor resistencia al

ahuellamiento que aquellas fabricadas con gradaciones gruesas debido a que las mezclas que utilizan agregados pétreos con gradaciones gruesas son más difíciles de compactar.”

2.2.2 Composición de mezclas asfálticas en caliente

Las mezclas asfálticas están compuestas por piedra chancada, arena natural, arena chancada, relleno o fíller, cemento asfáltico y aditivos mejoradores, cuya proporción es determinada según diseño a partir de las características que se requiera obtener en la mezcla asfáltica en función a las condiciones climáticas de la obra.

a) Agregados pétreos

Según Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 sección 415-02(a) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal que, al aplicársele una capa del material asfáltico, esta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia. Para efecto de las presentes especificaciones, se denominará agregado grueso a la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N.º 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 µm (N.º 4 y N.º 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 µm (N.º 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. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en cada especificación.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

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. Su peso unitario aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E 205, deberá encontrarse entre 0,5 y 0,8 g/cm³ y su coeficiente de emulsibilidad deberá ser inferior a 0,6.

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.

Según Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) Tomo I, sección 423-02 (a) los agregados gruesos, deben cumplir con los requerimientos de la Tabla 3.

Tabla 3
Requerimiento para los Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤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% min.	35% min.
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.

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Según Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) Tomo I, sección 423-02 (b) los agregados minerales finos, deben cumplir con lo especificado en la sección 415-02 (a), y adicionalmente deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 4 Requerimiento para los Agregados Finos.

Tabla 4
Requerimiento 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	8máx.	8máx.
Índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% min.	35% min.
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

b) Filler o relleno mineral

Según Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) Tomo I, sección 429-01, es un material que se utiliza en las mezclas asfálticas, con la finalidad de completar la granulometría de los agregados fino, cuyas características no cumplen las especificaciones técnicas correspondiente.

c) Gradación para mezcla asfáltica en caliente

La gradación de la Mezcla Asfáltica en caliente (MAC) deberá exponer algunos de los husos granulométricos, especificados en la EG-2013, los cuales se muestra en la Tabla 5 Requerimientos de Usos Granulométricos.

Tabla 5
Requerimientos de Usos Granulométricos

Tamiz	Propiedades 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 - 83	80 - 100	
9.5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4.75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2.00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 µm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N° 80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
75 µm (N° 200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

d) Cemento asfáltico

Según el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) Tomo I, sección 415-02 (b) el cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad cinemática, por penetración y los equivalentes al Grado de Performance (PG). Su empleo será según las características climáticas de la región, tal como lo indica la Tabla 415-01, y la correspondiente carta de viscosidad del cemento asfáltico.

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C. En la Tabla 6 se presenta la Selección del Tipo de Cemento Asfáltico.

Tabla 6
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		85 - 100	
60 - 70 ó	60 - 70	120 - 150	Asfalto Modificado
modificado			

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

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.

- **Clasificación de los cementos asfálticos**

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establece en las tablas 415-02 y 415-03 (EG–2013) según Tabla 7 Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración.

Tabla 7

Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración

Tipo		Grado de Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40 - 50		PEN 60 - 70		PEN 85 - 100		PEN 120 -150		PEN 200 - 300	
		mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100g. 5s, 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 Tricolor-etileno, %	MTC E 302	99.0		99.0		99.0		99.0		99.0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica)	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Olienses)											
Solvente Nafta - Estándar		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno	AASTHO M20	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, 5h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0.8		0.8		1		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, 5cm/min, cm	MTC E 306			50		75		100		100	

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

2.2.3 Comportamiento de la mezcla asfáltica

Una muestra de mezcla de pavimento preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. Según el Instituto del Asfalto (1982) el análisis está enfocado hacia cuatro características de la mezcla, y la influencia que estas puedan tener en el comportamiento de la mezcla. Es importante tener conocimiento del concepto de cada una de las características señaladas, a fin de controlar cada de estos parámetros para determinar el comportamiento estructural del pavimento. Las características son:

- **Densidad de la mezcla**

Según el Instituto del asfalto (1982), la Densidad de la mezcla compactada está definida como su peso unitario (el peso de un volumen específico de mezcla). Es una característica esencial al tener una alta Densidad en el pavimento terminado, para obtener un rendimiento duradero.

En las pruebas y el análisis de diseño de mezclas, la densidad de la muestra compactada se expresa, generalmente, en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o libras por pie cúbico (Lb/ft^3).

La Densidad se calcula al multiplicar la gravedad específica total de la mezcla por la Densidad del agua ($1000\text{Kg}/\text{m}^3$ ó $62.416\text{Lb}/\text{ft}^3$). La Densidad obtenida en el laboratorio se convierte en la Densidad patrón, y es usada como referencia para determinar si la Densidad del pavimento terminado es, o no adecuado. Las especificaciones usualmente requieren que la Densidad del pavimento sea un porcentaje de la densidad del laboratorio. Esto se debe a que muy rara vez la compactación in-situ logra las densidades que se obtienen usando los métodos normalizados de compactación del laboratorio.

- **Vacíos de aire**

Son espacios pequeños de aire, o bolsas de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada. Es necesario que todas las mezclas densamente graduadas contengan cierto porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico, y proporcionar espacios adonde pueda fluir el asfalto durante su compactación adicional. (Ver Figura 3).

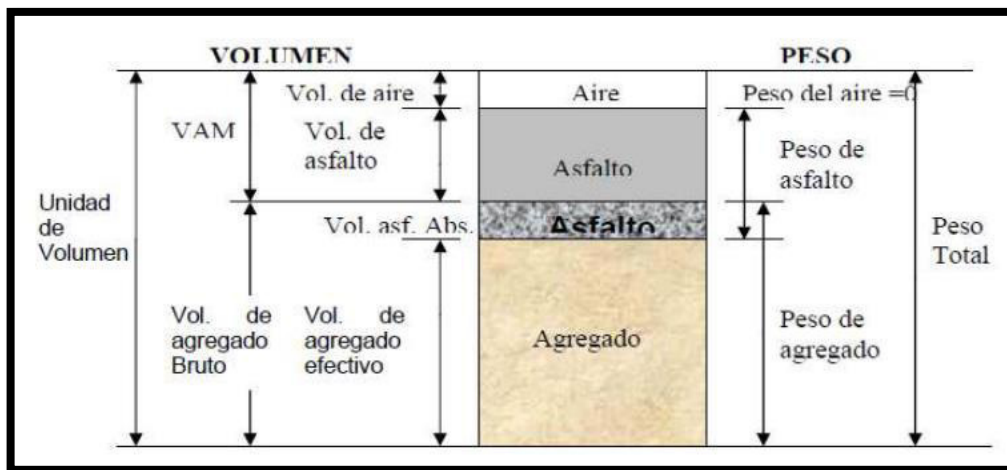


Figura 3: Representación de Volúmenes en una Briqueleta Compactada de Mezcla Asfáltica

Fuente: Pavimentos Unidad II, Ing. Landaeta

- **Espacios vacíos de la mezcla asfáltica**

Los vacíos en el mineral (VAM) son los espacios de aire que existen entre las partículas del agregado en una mezcla compactada de pavimento, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

El VAM representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto (todo el asfalto menos la porción que se pierde, por absorción en el agregado). (Ver figura 4)

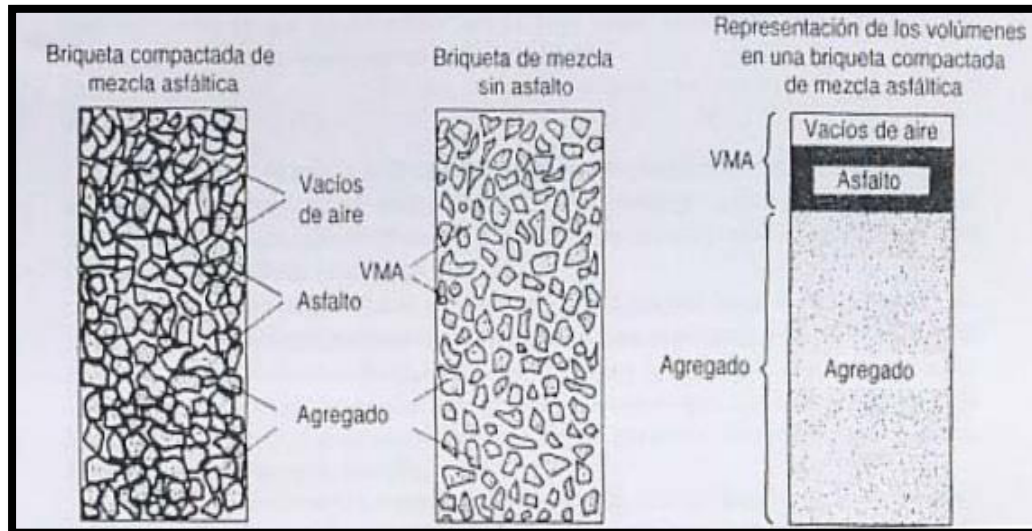


Figura 4: Ilustración del VMA en una probeta de Mezcla Compactada

Fuente: Pavimentos Unidad II, Ing. Landaeta

El volumen de vacíos necesario en la mezcla; cuando mayor sea el VMA, más espacio habrá disponible para las películas de asfalto. Existen valores mínimos para VAM los cuales están recomendados y especificados como función del tamaño del agregado. Estos valores se basan en el hecho de que cuanta más gruesa sea la película de asfalto que cubre las partículas de agregado, más durable será la mezcla.

Para que pueda lograrse un espesor durable de película de asfalto, se debe tener valores mínimos de VAM. Un aumento en la Densidad de la graduación del agregado, hasta el punto donde se obtengan valores VAM por debajo del mínimo especificado, puede resultar en películas delgadas de asfalto y en mezclas de baja durabilidad y apariencia seca. Por lo tanto, es contra prudente y perjudicial, para la calidad del pavimento, disminuir el VAM para economizar en el contenido de asfalto.

- **Contenido de asfalto**

La proporción de asfalto en la mezcla es importante y debe ser determinada exactamente en el laboratorio, y luego controlar con precisión en la obra. El contenido de asfalto de una mezcla particular se establece usando los criterios dictados por el método de diseño seleccionado.

El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende, en gran parte, de las características del agregado, tales como la granulometría y la capacidad de absorción.

La granulometría del agregado está directamente relacionada con el contenido óptimo de asfalto. Entre más finos contenga la gradación de la mezcla, mayor será el área superficial total, y mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir uniformemente todas las partículas. Por otro lado, las mezclas más gruesas (agregados más grandes) exigen menos asfalto debido a que poseen menos área superficial total.

La relación entre el área superficial del agregado y el contenido óptimo de asfalto es más pronunciada cuando hay relleno mineral. Los pequeños incrementos en la cantidad de relleno mineral, pueden absorber literalmente gran parte del contenido de asfalto resultando en una mezcla inestable y seca. Las pequeñas disminuciones tienen el efecto contrario; poco relleno mineral resulta en una mezcla buena (húmeda).

Cualquier variación en el contenido de relleno mineral, causa cambios en las propiedades de la mezcla, haciéndola variar de seca a húmeda. Si una mezcla contiene poco o demasiado relleno mineral cualquier ajuste arbitrario para corregir la situación, probablemente la empeora. En vez de hacer ajustes arbitrarios, se deberá efectuar un muestreo en unas pruebas apropiadas para determinar las causas de las variaciones y si es necesario establecer otro diseño de mezcla.

La capacidad de absorción (habilidad para absorber asfalto) del agregado utilizado en la mezcla es importante para determinar el contenido óptimo de asfalto. Esto se debe a que se tiene que agregar suficiente asfalto a la mezcla para permitir absorción, y para que además se pueda cubrir las partículas con una película adecuada de asfalto.

El contenido total de asfalto es la cantidad de asfalto que debe ser adicionada a la mezcla para producir las cualidades deseadas en la mezcla. El contenido efectivo de asfalto es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado, es la cantidad de asfalto que forma una película ligante efectiva sobre las superficies de los agregados.

La capacidad de absorción de un agregado es, obviamente, una característica importante en la definición del contenido de asfalto de una mezcla. Generalmente se conoce la capacidad de absorción de las fuentes comunes de agregado, pero es necesario efectuar ensayos cuidadosos cuando son usadas fuentes nuevas.

a) Propiedades del diseño de mezcla asfáltica

De acuerdo al Instituto del Asfalto (1982), las buenas mezclas asfálticas en caliente trabajan bien debido a que son diseñadas, producidas y colocadas de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas. Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad de pavimentos de mezclas en caliente. Estas incluyen la Estabilidad, la Durabilidad, la Impermeabilidad, la Trabajabilidad y la Resistencia al deslizamiento.

a1) Estabilidad

Es la capacidad de una mezcla asfáltica de resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas impuestas por el tránsito. La carpeta asfáltica debe de ser capaz de mantener su forma y textura ante las secuencias de carga que a diario le son impuestas. La fricción interna

depende de la textura superficial, graduación del agregado, forma de la partícula, Densidad de la mezcla, y, del contenido y tipo de asfalto. La Estabilidad es función de la fricción y la resistencia inter-bloqueada del agregado en la mezcla. Cuando se sobrepasa el nivel óptimo de asfalto la película es demasiado gruesa y esto genera que la cohesión decrezca, resultando en pérdida de fricción entre las partículas que componen la mezcla asfáltica. Es importante que las partículas que componen el agregado sean angulares y ásperas en su textura superficial, esto dará una alta Estabilidad a la mezcla. En la Tabla 8 se presentan las Causas y Efectos de Inestabilidad en el Pavimento.

Tabla 8
Causas y Efectos de Estabilidad en el Pavimento

Estabilidad Baja	
Causas	Efectos
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones, ahuellamientos, y afloramiento o exudación.
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente durante un corto tiempo; dificultad para la compactación.
Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas.	Ahuellamiento y canalización

Fuente: Adaptado del Instituto del Asfalto (1982)

a2) Durabilidad

Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento.

Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento y por consiguiente es difícil de definir solamente en

términos de las propiedades del asfalto. Esto debido a que el comportamiento del pavimento es afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción y otras variables que incluyen la misma Durabilidad del asfalto. En la Tabla 9 se indica las Causas y Efectos de una Poca Durabilidad.

Tabla 9
Causa y Efectos de una Poca Durabilidad

Poca Durabilidad	
Causas	Efectos
Bajo rendimiento de asfaltos.	Endurecimiento rápido del asfalto y desintegración por pérdida de agregado.
Alto contenido de vacíos debido al diseño o la falta de compactación.	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración.
Agregados susceptibles al agua (Hidrofilítos).	Película de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado, o desintegrado.

Fuente: Adaptado del Instituto del Asfalto (1982)

a3) Impermeabilidad

La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, y es así como gran parte de las discusiones sobre vacíos en las secciones de diseño de mezclas relaciona con impermeabilidad.

El grado de impermeabilidad está determinado por el tamaño de los vacíos, sin importar si están o no conectados, y por el acceso que tienen

a la superficie del pavimento. En la Tabla 10 se indica las Causas y Efectos de la Permeabilidad.

Tabla 10
Causas y Efectos de la Permeabilidad

Mezcla demasiado Permeable	
Causas	Efectos
Bajo contenido de asfalto	Las películas delgadas de asfalto causarán tempranamente, un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.
Alto contenido de vacíos en la Mezcla de diseño	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento, causando oxidación Y desintegración de la mezcla.
Compactación inadecuada.	Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a la infiltración de agua y baja Estabilidad.

Fuente: Adaptado del Instituto del Asfalto (1982)

a4) Trabajabilidad

Está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena Trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala Trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. Puede ser mejorada modificando los parámetros de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

Un contenido demasiado alto de relleno mineral también puede afectar la Trabajabilidad. Puede ocasionar que la mezcla se vuelva muy viscosa, haciendo difícil su compactación.

Es especialmente importante en sitios donde se requiere colocar y rastrillar a mano cantidades considerables de mezcla, como por ejemplo alrededor de tapas de alcantarillados, curvas pronunciadas y otros obstáculos similares. Es muy importante usar mezclas trabajables en dichos sitios. En la Tabla 11 se indica las Causas y Efectos de la Trabajabilidad.

Tabla 11
Causas y Efectos de problemas de Trabajabilidad

Mala Trabajabilidad	
Causas	Efectos
Tamaño máximo de partícula: grande Demasiado agregado grueso	Superficie áspera, difícil de colocar Puede ser difícil de compactar Agregado sin revestir, mezcla poco durable
Temperatura muy baja de mezcla	superficie áspera, difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio	La mezclase desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda.
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierna, altamente permeable
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar, poco durable.

Fuente: Adaptado del Instituto del Asfalto (1982)

a5) Resistencia a la fatiga

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y

la viscosidad del asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento (el periodo de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye. Asimismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga. En la Tabla 12 se indica las Causas y Efectos de la Mala Resistencia a la Fatiga.

Tabla 12
Causa y Efectos de una Mala Resistencia a la Fatiga

Mala Resistencia a la fatiga	
Causas	Efectos
Bajo contenido de asfalto	Agrietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Falta de compactación	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga.

Fuente: Adaptado del Instituto del Asfalto (1982)

2.2.4 Parámetros de calidad de mezclas asfálticas en caliente

Según el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 Tomo I, Sección 423, se establecen ciertos parámetros de calidad, los cuales se deben de cumplir para diseñar mezclas asfálticas en caliente.

El ensayo de diseño y control de calidad que se realiza es el Ensayo Marshall, cuyos parámetros y valores se encuentran en la Tabla 423-06 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013). En la Tabla 13 se muestran los Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso y en la Tabla 14 se indican los Requisitos de Adherencia.

Tabla 13
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 (831 kg)	5.44 KN (555 kg)	4.53 KN (462 kg)
3. Flujo 0.01 (0.25mm)	8 - 14	8 - 16	8 - 20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
5. Vicios en el agregado mineral	Ver Tabla 2.28		
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)	1.7 - 4.0		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 min.		

(1) A la fecha se tiene tramos específicos 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 3000 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 Estabilidad/Flujo sea de la menor magnitud posible.

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Tabla 14
Requisitos de Adherencia

Norma	Norma	Requerimiento	
		≤3.000	<3.000(*)
Adherencia (agregado grueso)	MTC E 517	+95	-
Adherencia (agregado fino)	MTC E 220	4min. (**)	-
Adherencia (mezcla)	MTC E 521	-	+95
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283	-	SO min.

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Para las zonas donde la altura es mayor a 3000 m.s.n.m o zonas húmedas y lluviosas; la Efectividad, Compatibilidad y alto rendimiento del aditivo entre la relación asfalto – agregado en cada uno de los diseños de mezcla, será evaluado con la norma ASTM D 1075 y/o ASTM D 4867, se debe de obtener valores mínimos de 80%. En la Tabla 15 se muestra los Vacíos Mínimos en el Agregado Mineral.

Tabla 15
Vacíos Mínimos en el Agregado Mineral

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %
	Marshall
2.36 mm(N° 8)	21
4.75 mm (N° 4)	18
9.5 mm (3/8")	16
12.5 mm (1/2")	15
19.0 mm (3/4")	14
25.0 mm (1")	13
37.5 mm (1 1/2")	12
50.0 mm (2")	11.5

Nota: Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo del tamaño máximo de las mezclas. Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Los Vacíos Llenos con asfalto, en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción del Ministerio de Transporte y Comunicaciones EG-2013, para el Ensayo Marshall no se especifica los valores límites; sin embargo, para mezcla asfáltica tipo Superpave se tienen valores según la Tabla 16 Vacíos Llenos con Asfalto para Mezcla Asfáltica tipo Superpave del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 16
Vacíos Llenos con Asfalto (VFA), para Mezcla Asfáltica

Trafico (millones de ejes equivalentes)	VFA
≤ 0.3	70 - 80
> 0.3 - 3	65 - 78
> 3	65 - 75

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Para el Manual de Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente MS-22 (Instituto del Asfalto, 1982) el valor de vacíos llenos con asfalto se indica en la Tabla 17 Mínimo Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral y la Tabla 18 Tolerancia Mínima.

Tabla 17
Mínimo Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral

Máximo tamaño de partícula nominal		Porcentaje mínimo VMA		
		Porcentaje de diseño vacíos de aire		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	Nº 16	21.5	22.5	23.5
2.36	Nº 8	19	20	21
4.75	Nº 4	16	17	18
9.50	3/8"	14	15	16
12.50	1/2"	13	14	15
19.00	3/4"	12	13	14
25.00	1"	11	12	13
37.50	1 1/2"	10	11	12

Fuente: Adaptado del Instituto del Asfalto (1982)

Interpole el VMA mínimo para los valores de vacíos de diseño que se encuentra entre los que estén citados.

Tabla 18
Tolerancia Mínima

Parámetros de Control	Variación permisible en % en peso total de áridos
N° 4 o mayor	+ - 5%
N° 8	+ - 4%
N° 30	+ - 3%
N° 200	+ - 2%
Asfalto	+ - 0.2%

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

2.2.5 Método Marshall

El Método Marshall de acuerdo a la sección MTC E 504 del Manual de Ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) solo se aplica a mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación, que usan cemento asfáltico clasificado por penetración o viscosidad y que contienen agregados con tamaño máximo de 25 mm (1 pulgada). Puede ser usado para el diseño en laboratorio o para el control de campo de pavimentos. Se deben utilizar probetas 64 × 102 mm de diámetro. Una serie de muestras, cada una con la misma combinación de agregados pero con diferente contenido de asfalto, son preparadas de acuerdo a procedimientos específicos.

Los parámetros que se estudian durante el diseño son la Estabilidad, Fluidez, Densidad, Vacíos de la mezcla asfáltica, Vacíos en el agregado mineral, entre otros.

El diseño de una mezcla asfáltica consiste en seleccionar una granulometría y un porcentaje de asfalto que cumplan las

propiedades para la que fue diseñada. Los métodos de dosificación tienen como fin determinar el porcentaje de asfalto óptimo para una combinación determinada de agregados de acuerdo a las propiedades seleccionadas.

Los resultados de los ensayos de Estabilidad y Flujo deberán consistir del promedio de un mínimo de 3 probetas por cada incremento de contenido de asfalto, donde el contenido de asfalto varía en incrementos de 0.5 %. Las mezclas densas generalmente mostrarán un pico en la Estabilidad a un determinado contenido de asfalto. En la Tabla 19 se muestra los Criterios para el Diseño Marshall.

Tabla 19
Criterio del Instituto del Asfalto (USA) para el Diseño Marshall

Criterios para mezcla del método Marshall	Tránsito Liviano		Tránsito Mediano		Tránsito Pesado	
	Mín.	Máy.	Mín.	Máy.	Mín.	Máy.
Carpeta y Base						
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta.	35		50		75	
Estabilidad, N (kg.)	3336 (340)		5338 (544)		8006 (816)	
Flujo 0.25mm (0.01 pulgadas)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de Vacíos en el agregado Mineral (VMA)	Ver Tabla 2.31					
Porcentaje de vacíos llenos de Asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

Fuente: Adaptado del Instituto del Asfalto (1982)

a) Ensayo de Inmersión - Compresión

El procedimiento de ensayo se realiza según el Manual de ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). En la sección MTC E 513 se mide la resistencia a compresión de mezclas asfálticas compactadas. En la sección MTC E 518 se determina el efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas compactadas (Inmersión – Compresión).

b) Ensayo de Máxima Gravedad específica de mezclas bituminosas

El ensayo de Máxima Gravedad específica se realiza según el Manual de Ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) en la sección MTC E 508. Los valores son influenciados por la composición de la mezcla en términos de tipos y cantidades de agregados y materiales bituminosos.

La máxima gravedad es empleada en el cálculo de vacíos de aire de mezclas compactadas, así también para el cálculo de la cantidad de bitumen absorbido por el agregado. En la Tabla 20 se muestra el Tamaño de Muestra de acuerdo al requerimiento del Manual de Ensayo de Materiales, MTC E 508.

Tabla 20
Tamaño de Muestra

Tamaño de partícula de mayor tamaño en la muestra Mm(pulg)	Muestra mínima (g)
50.0 (2")	6000
37.5 (1 1/2")	4000
25.0 (1")	2500
19.0 (3/4")	2000
12.5 (1/2")	1500
9.5 (3/8")	1000
4.75 (N° 4)	500

Fuente: Adaptado del Manual de Ensayo de Materiales MTC E 508

c) Diseño de mezcla asfáltica convencional

Rondón, Reyes y Figueroa (2007), hacen referencia al Ensayo Marshall es el más utilizado para investigar el comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas.

El método de diseño Marshall según el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, sección MTC E 504 Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall (2016), permite calcular los diferentes parámetros de comportamiento de una mezcla asfáltica, determinado a partir de briquetas preparadas.

El diseño de una mezcla asfáltica convencional consiste en la utilización de cemento asfáltico sin la incorporación de ningún aditivo.

d) Diseño de mezcla asfáltica modificada con aditivo

Según el Instituto del Asfalto (1982), un asfalto modificado es un asfalto al que se le adicionó un agente que cambia sus características iniciales, las cuales

pueden ser la Viscosidad, Durabilidad, Elasticidad, etc., con lo que se logra mejorar a la mezcla asfáltica con características necesarias para resistir los esfuerzos, los agentes climáticos, y las condiciones de trabajo que propician su desgaste, el cual puede ser prematuro.

Los agentes modificadores utilizados en los asfaltos, mejoran el comportamiento reológico de los mismos. Se puede decir que un asfalto modificado es un ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de los polímeros con un ligante asfáltico.

Un asfalto puede modificarse con rellenos minerales, cauchos, polímeros, plásticos o hidrocarburos. Los asfaltos se caracterizan por variar su comportamiento según la temperatura a la que se encuentren; es por ello que a distintas temperaturas el asfalto posee distintas consistencias, propiedad que se denomina susceptibilidad térmica, la cual debería ser lo más baja posible, de modo que a bajas temperaturas y tiempos cortos de aplicación de cargas, sean lo suficientemente flexibles para evitar el fisuramiento y a tiempos prolongados de aplicación de cargas, sean resistentes a las deformaciones. Los asfaltos modificados con polímeros tienen mejor comportamiento que los asfaltos convencionales, tanto en altas como en bajas temperaturas, proporcionando mayor vida útil al pavimento.

- **Betutec IC + aditivo Warmix**

Betutec IC: Es un cemento asfáltico modificado con polímeros elastoméricos, de acuerdo a los requerimientos.

Ventajas:

- Baja susceptibilidad térmica.
- Alta resistencia a la deformación permanente.
- Mayor resistencia a la fatiga.
- Aumento de la flexibilidad y elasticidad a bajas temperaturas.

- Incremento del módulo de rigidez a altas temperaturas.
- Mejor adhesividad con los agregados.

Aditivo Warmix: Aditivo de última generación que permite obtener grandes beneficios en reducción de temperaturas de compactación.

Ventajas:

- Mayor ventaja de trabajo para condiciones de aplicación de mezcla asfáltica críticas (espesores delgados y bajas temperaturas).
- Mayor tiempo de transporte.
- Excelente adhesividad entre ligante asfáltico y el agregado, eliminando el uso de los mejoradores de adherencia.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Las hipótesis generales y específicas de la presente investigación orientarán el problema y se permitirá llegar a las conclusiones que se plantearon son:

3.1.1 Hipótesis general

El Betutec IC + aditivo Warmix mejora el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional.

3.1.2 Hipótesis específicos

- 1) La mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix mejora la Estabilidad respecto a mezcla asfáltica convencional.

- 2) La mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix mejora la Fluidez respecto a mezcla asfáltica convencional.
- 3) La mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix mejora la Densidad respecto a mezcla asfáltica convencional.
- 4) La mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix mejora los vacíos en la mezcla asfáltica respecto a mezcla asfáltica convencional.
- 5) La mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix mejora los vacíos en el agregado mineral en la mezcla asfáltica respecto a mezcla asfáltica convencional.

3.2 Variables

Las Variables independientes y dependientes que se plantearon en la presente investigación son:

3.2.1 Variable independiente

En esta investigación la variable independiente es: Betutec IC + aditivo Warmix. Al respecto, cabe mencionar que mediante los ensayos de medición se obtendrán los indicadores que permiten establecer la variable independiente. Esto se muestra en la Tabla 21- Operacionalización de Variable Independiente.

a) Operacionalización de variable independiente

Tabla 21
Operacionalización de Variable Independiente

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	MEDICIÓN
Betutec IC + aditivo Warmix	Gráfico de Temperaturas de mezcla y compactación	Certificado de Calidad Betutec IC + aditivo Warmix

Elaborado por los autores

3.2.2 Variable Dependiente

En esta investigación la variable dependiente es el Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica. Al respecto, cabe mencionar que mediante los ensayos de medición se obtendrán los indicadores que permiten establecer la variable independiente. Esto se muestra en la Tabla 22 Operacionalización de Variable Independiente.

a) Operacionalización de variable dependiente

Tabla 22
Operacionalización de Variable Dependiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	MEDICIÓN
Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica	Estabilidad	Ensayo Marshall de Estabilidad
	Fluidez	Ensayo Marshall de Fluidez
	Densidad	Ensayo de Peso Específico
	% Vacíos	Ensayo Marshall de Espacios Vacíos
	% Vacíos en Agregado Mineral	Ensayo Marshall de Vacíos de Agregado Mineral

Elaborado por los autores

3.3 Matriz de Consistencia

Ver Anexo 1

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	INDICADORES	MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	MÉTODO
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix para mejorar el comportamiento mecánico respecto a mezcla asfáltica convencional.	La incorporación en la mezcla modificada del Betutec IC + aditivo Warmix mejora significativamente el comportamiento mecánico respecto a la mezcla asfáltica convencional.	V. INDEPENDIENTE	Gráfico de Temperaturas de Mezcla y Compactación	Certificado de Calidad Betutec IC + aditivo Warmix	GRANULOMETRÍA	MANUAL EG-2013 DEL MTC	El Tipo de Investigación, es aplicada de enfoque cuantitativo y de tipo experimental, porque realizaremos ensayos para la obtención de datos comparativos.
			Betutec IC + aditivo Warmix				MANUAL DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	
			V. DEPENDIENTE	Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica	Ensayo Marshall (Estabilidad)	ENSAYO MARSHALL	MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIAL DEL MTC 2016	El Nivel de Investigación, tiene un alcance descriptivo, ya que tiene un diseño experimental conformado por la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix que se realizara en el laboratorio.
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la estabilidad de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de la estabilidad respecto a mezcla asfáltica convencional.	La estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es significativamente superior a la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 30.15%.	Estabilidad				BRIQUETAS	
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la fluidez de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar a mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de la fluidez respecto a mezcla asfáltica convencional.	El flujo de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es superior en 3.01% a la convencional.	Fluidez				ENSAYO DE MÁXIMA GRAVEDAD ESPECÍFICA	
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la densidad de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de la densidad respecto a mezcla asfáltica convencional.	La densidad de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es superior a la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 1.55%.	Densidad				PRENSA MARSHALL	
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en los vacíos de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de los vacíos en la mezcla asfáltica respecto a mezcla asfáltica convencional.	Los espacios vacíos de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es menor en 24.39% al convencional.	Espacios Vacíos				PRENSA HIDRÁULICA	
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en los vacíos en el agregado mineral de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de los vacíos en el agregado mineral en la mezcla asfáltica respecto a mezcla asfáltica convencional.	Los espacios vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es mayor en 2.65% al convencional.	Vacíos en Agregado Mineral				EQUIPO PARA PESO ESPECIFICO	
						INMERSIÓN Y COMPRESIÓN	TAMIZADOR MECÁNICO	Número de medición es longitudinal, ya que se realizará toma de datos más de una vez.
							COMPACTADORA MECÁNICA	La cronología es prospectiva, porque se recolecta los datos después de haber planificado el estudio.
							BAÑO MARÍA	

Elaborado por los autores

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

La presente investigación abarca desde la caracterización de los materiales, el diseño y estudio de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas y la evaluación de las mejoras en la vida útil del pavimento. Para el mejoramiento de las mezclas asfálticas se estudiará la incorporación de Betutec IC + aditivo Warmix.

4.1 Diseño Metodológico

El diseño metodológico empleado en la investigación comprende toda la metodología que se utilizó para llevar a cabo la investigación se define en tres tipos:

4.1.1 Tipo de Investigación

Es aplicada, de enfoque cuantitativo y de tipo experimental, porque realizaremos ensayos para la obtención de datos comparativos.

4.1.2 Nivel de investigación

La investigación tiene un alcance descriptivo, ya que tiene un diseño experimental conformado por la mezcla asfáltica modificado con Betutec IC + aditivo Warmix que se realizará en el laboratorio.

4.1.3 Diseño de investigación

El propósito del estudio es experimental conformado por la mezcla asfáltica modificado con Betutec IC + aditivo Warmix que se realizará los ensayos respectivamente.

Número de medición es longitudinal, ya que se realizará toma de datos más de una vez. La cronología es prospectiva, porque se recolecta los datos después de haber planificado el estudio.

4.2 Técnica de Recolección de Datos

Para la recolección de datos de los ensayos se utilizaron técnicas como medios para la obtención de información y los instrumentos son los recursos usados para allanar datos de la investigación

4.2.1 Técnicas e Instrumentos

La técnica a realizar es observacional, se realizaron ensayos previos de caracterización de los agregados y cemento asfáltico de acuerdo al Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013), ya que se realizó mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica modificada

Se ejecutó el método Marshall para la realización de los ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica tales como: Estabilidad, Fluidéz, Densidad, Vacíos en la mezcla y Vacíos del agregado mineral, para los dos tipos de mezcla asfáltica.

Los instrumentos de recolección de datos fueron los formatos para la toma inicial de información, donde los datos ya están establecidos en las normas nacionales e internacionales.

Los equipos utilizados para la elaboración de los ensayos son: prensa Marshall, baño maría, compactador, desmoldador de briquetas, equipos para peso específicos, moldes Marshall.

4.3 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

El procesamiento se realizó en un libro de cálculo, donde se elaboraron los formatos para cada ensayo de laboratorio, lo que permitió obtener los resultados de la granulometría de cada agregado, la mezcla de los agregados finos, mezcla de agregados gruesos y la mezcla de todos los agregados.

Se ensayaron cada una de las briquetas mediante Ensayo Marshall, respectivamente. Los resultados, se representaron en gráficas, tanto para convencional como para modificado. Los ensayos para la realización y rotura de las briquetas fueron realizados en un laboratorio externo.

4.4 Diseño Muestral

El diseño muestral utilizado es el diseño de las mezclas asfálticas, tanto la convencional como la modificada, teniendo como representativa los porcentajes seleccionados para la investigación.

4.4.1 Población y Muestra

La población de estudio en esta investigación estuvo constituida por la mezcla asfáltica convencional y modificada con distintos porcentajes de incorporación de Betutec IC + aditivo Warmix.

La muestra de la investigación son las 24 (12 de mezcla asfáltica convencional y 12 de mezcla asfáltica modificada) briquetas que se realizaron los ensayos para determinar sus propiedades mecánicas del asfalto modificado.

CAPÍTULO V

RESULTADO

A continuación, se desarrollará el trabajo de investigación donde los ensayos realizados, procedimientos, las características de los materiales, los criterios de selección de las mezclas asfálticas y sus resultados son desarrollados mediante los siguientes documentos técnicos: Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones,2013), Manual de Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente MS-22 (Instituto del Asfalto,1982), Manual de Ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones,2016), Norma ASTM, ASSHTO.

Es necesario realizar una mezcla asfáltica en caliente convencional y una mezcla asfáltica modificada con Betutec IC+ aditivo Warmix, con el propósito de comparar la variación del comportamiento mecánico. En los dos casos, la mezcla asfáltica en caliente cumple con los parámetros y características de acuerdo al Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Los materiales utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica convencional y modificada son provenientes:

- **Agregados:** Cantera La Gloria – Santa Clara
- **PEN 60/70 :** TDM ASFALTOS
- **BETUTEC IC + ADITIVO WARMIX:** TDM ASFALTOS

5.1 Materiales

Los materiales que se utilizarán en el diseño de la mezcla asfáltica son el cemento asfáltico, seleccionado mediante unas condiciones climatológicas, y los agregados gruesos y finos.

5.1.1 Cemento asfáltico

El Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013 – TOMO I) clasifica a los cementos asfálticos según el Grado de Viscosidad Absoluta medida a 60° C y según el Grado de Penetración en base a la dureza o consistencia que es medida mediante el ensayo de penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, teniendo en cuenta que la investigación se realizó en la ciudad de Lima, la selección se hace de acuerdo a la Tabla 415-01. En la Tabla 23 se muestra la Selección del Tipo de Cemento Asfáltico según las condiciones climatológicas de Lima.

Tabla 23

Selección del Tipo de Cemento Asfáltico resultado del ensayo de Caracterización realizada al Cemento Asfáltico PEN 60/70

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

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

5.1.2 Agregados

Teniendo en cuenta el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 TOMO I, sección 423, donde están establecidos ciertos parámetros de calidad, se seleccionan materiales con características adecuadas de dureza, textura y limpieza, producto de los agregados chancados y procesados. Son condiciones que benefician el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica.

Para el diseño de mezcla se utilizaron cuatro tipos de agregado (piedra chancada, confitillo, arena chancada y arena procesada) (ver análisis granulométrico de los agregados gruesos y agregados finos), que son los siguientes:

- Piedra chancada $<3/4$ (ver figura 5)
- Confitillo $<1/2$ (ver figura 6)
- Arena Chancada (ver figura 7)
- Arena Procesada (ver figura 8)



Figura 5: Piedra chancada de $3/4$ "

Elaborado por los autores



Figura 6: Confitillo de 1/2"
Elaborado por los autores

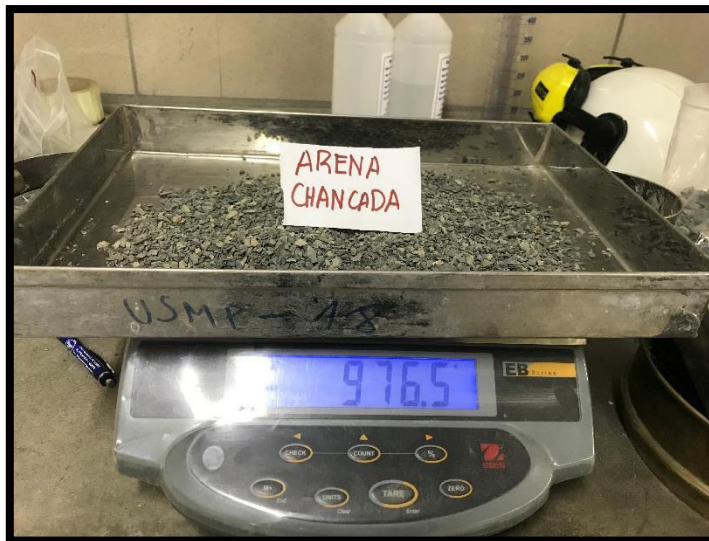


Figura 7: Arena Chancada
Elaborado por los autores



Figura 8: Arena Procesada
Elaborado por los autores

Se realizó el cuarteo manual de cada una de los agregados según el Manual de Ensayo de Materiales, MTC E 103 Reducción de Muestras de campo de tamaño de muestras de ensayo (ver figura 9) para luego ser llevada al tamizador mecánico(ver figura 10).



Figura 9: Cuarteo Manual de Agregado
Elaborado por los autores



Figura 10: Tamizador Mecánico

Elaborado por los autores

a) Agregado Grueso

Se aplica lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, subsección 415-02(a), cumpliendo los requerimientos establecidos en la Tabla 423-01. En la Tabla 24 se indican los Requerimientos para los Agregados Gruesos.

Tabla 24
Requerimiento para los Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
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.

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

De acuerdo a los ensayos realizados al agregado grueso, según la Tabla 24 Requerimiento para Agregados Gruesos, se obtuvieron los resultados según la Tabla 25 Resultados de Requerimiento para Agregados Gruesos. (Ver Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7)

Tabla 25
Resultados de Requerimiento para Agregado Grueso

Ensayos	Norma	Requerimiento		
		Altitud (msnm)		Resultados
		≤3.000		
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	3.50%	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	69.34%	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	0.60%	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	85/50	Cumple
Sales solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.14%	Cumple
Absorción	MTC E 206	1.0% máx.	0.87%	Cumple

Elaborado por autores

Mezcla agregado grueso

Para la mezcla de agregado grueso se realizó la granulometría de la piedra chancada <3/4 y del confitillo <1/2 según especificaciones del Manual de Ensayo de Materiales MTC E 204 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Ver Anexo 8 y Anexo 9). A continuación se muestra las curvas granulométricas de cada

uno de los agregados (ver figura 11 y figura 12) y las mezcla de ellos (ver figura 13). (Ver Anexo 10).

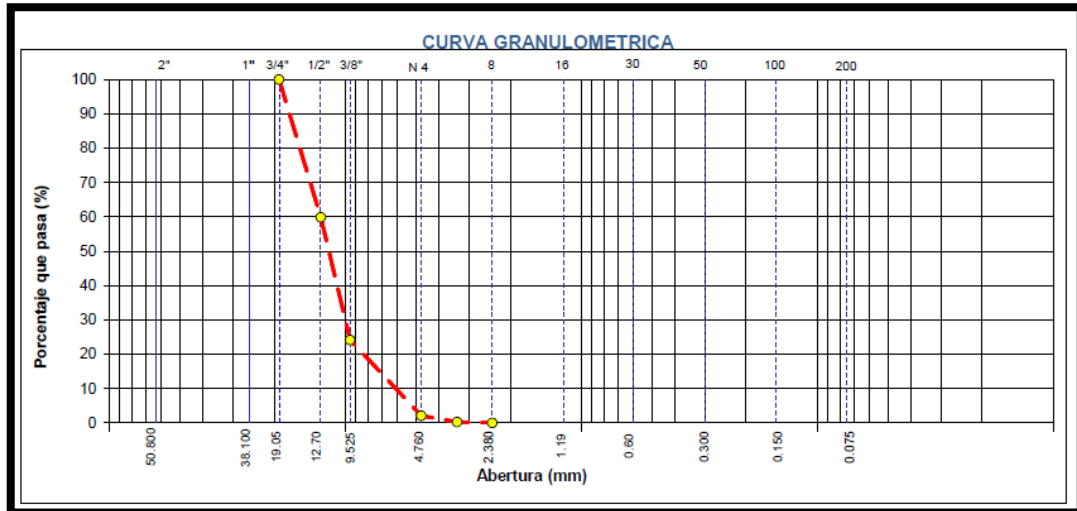


Figura 11: Análisis Granulométrico Piedra Chancada $\frac{3}{4}$ "
Elaborado por los autores

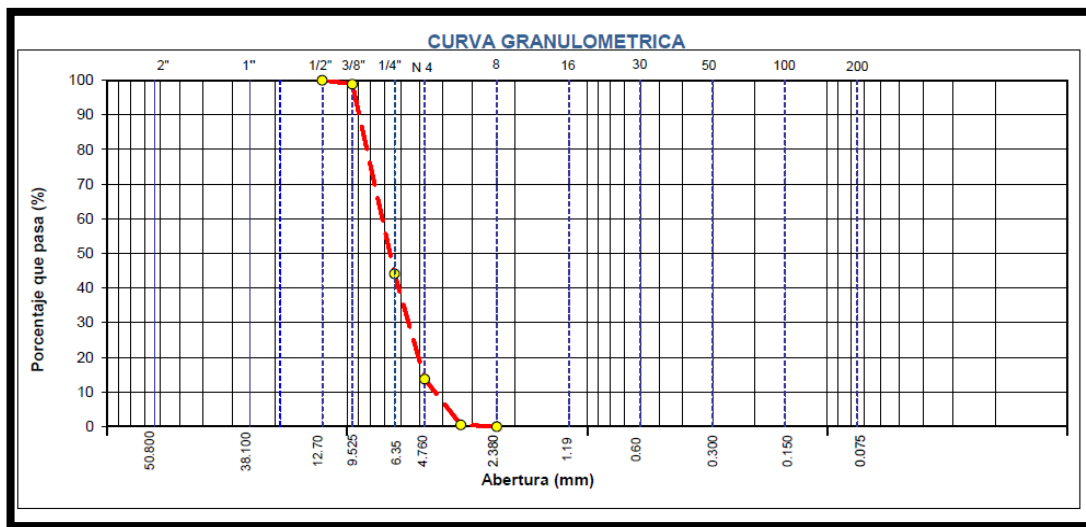


Figura 12: Análisis Granulométrico Confitillo $\frac{1}{2}$ "

Elaborado por los autores

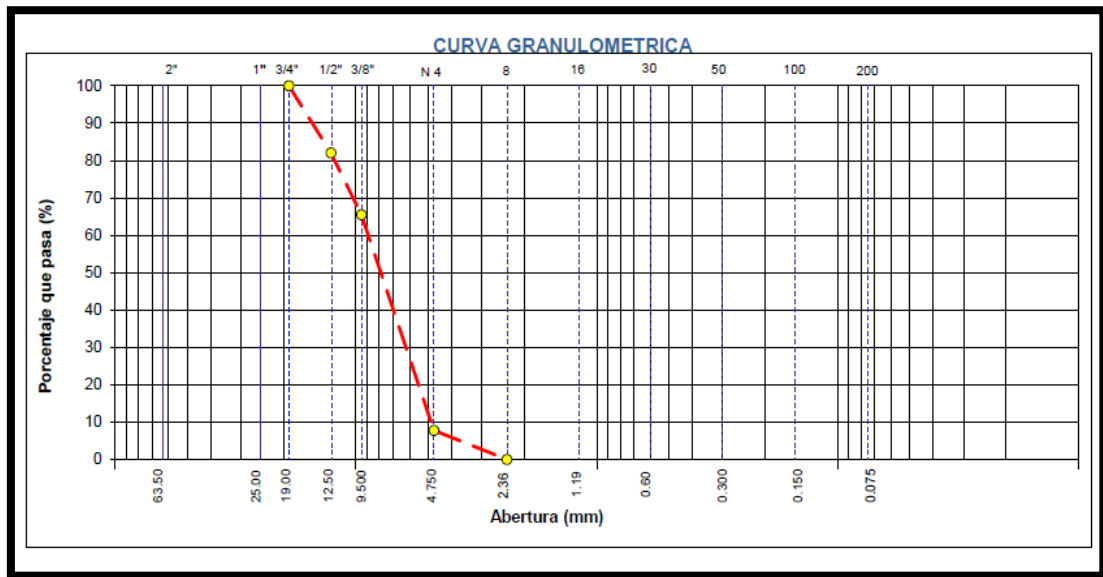


Figura 13: Análisis Granulométrico Agregado Grueso

Elaborado por los autores

- Agregado Fino

La granulometría de los agregados finos se realizó según el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, subsección 415-02(a), cumpliendo los requerimientos establecidos en la Tabla 423-02. En la Tabla 26 Requerimientos para los Agregados Finos.

Tabla 26
Requerimiento para los Agregados Finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60 % mín.	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30 % mín.	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8máx.	8máx.
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% min.	35% min.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción (**)	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

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

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Se realizaron ensayos al agregado fino, según la Tabla 24 Requerimiento para Agregados Fino, se obtuvieron los resultados según la Tabla 27 Resultado de Requerimiento para el Agregado Fino. En los resultados de Absorción se obtuvo un valor mayor a lo establecido (0.5 %) pero en las especificaciones de la Tabla 26 Requerimiento para los Agregados Finos acepta porcentajes mayores si se asegura las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica. (Ver Anexo 11, Anexo 12, Anexo 13, Anexo 14, Anexo 15, Anexo 16, Anexo 17 y Anexo 18).

Tabla 27
Resultado de Requerimiento para el Agregado Fino

Ensayos	Norma	Requerimiento		
		Altitud (msnm)		Resultados
		≤3.000		
Equivalente de Arena	MTC E 114	60 % mín.	69.00%	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30 % mín.	41.30%	Cumple
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8máx.	6.50%	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% min.	58.00%	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	NP	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.50%	Cumple
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.	1.00%	Cumple

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la Mezcla Asfáltica.

Elaborado por los autores

- Mezcla de agregado fino

La mezcla de agregado fino se realizó mediante especificaciones del Manual de Ensayo de Materiales MTC E 204 Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, realizándose la granulometría de la arena chancada y arena procesada (Ver Anexo 19 y

Anexo 20). A continuación de muestras las curvas granulométricas de cada uno de los agregados (ver figura 14 y figura 15) y las mezcla de ellos (ver figura 16) respectivamente (Ver Anexo 21).

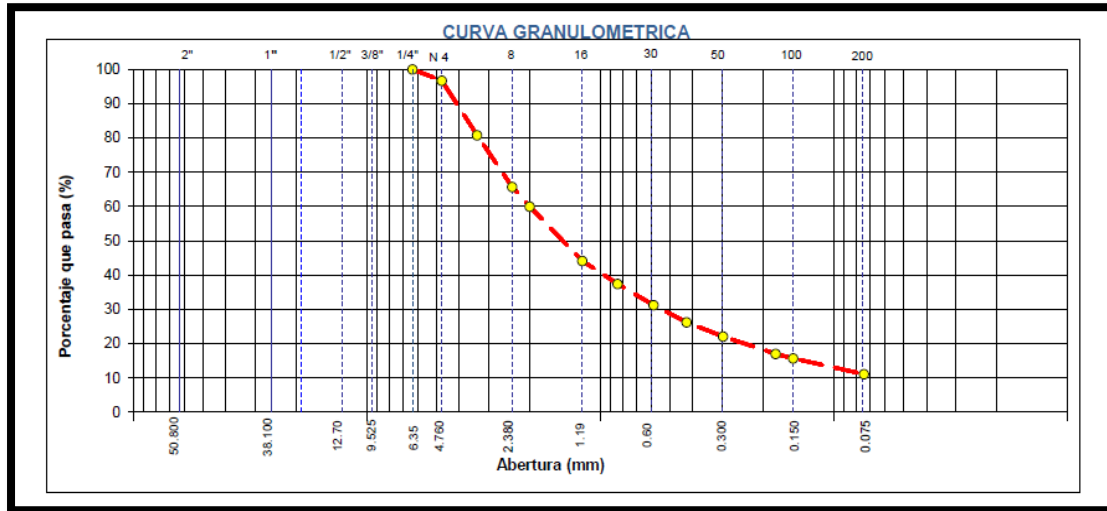


Figura 14: Análisis Granulométrico Arena Chancada

Elaborado por los autores

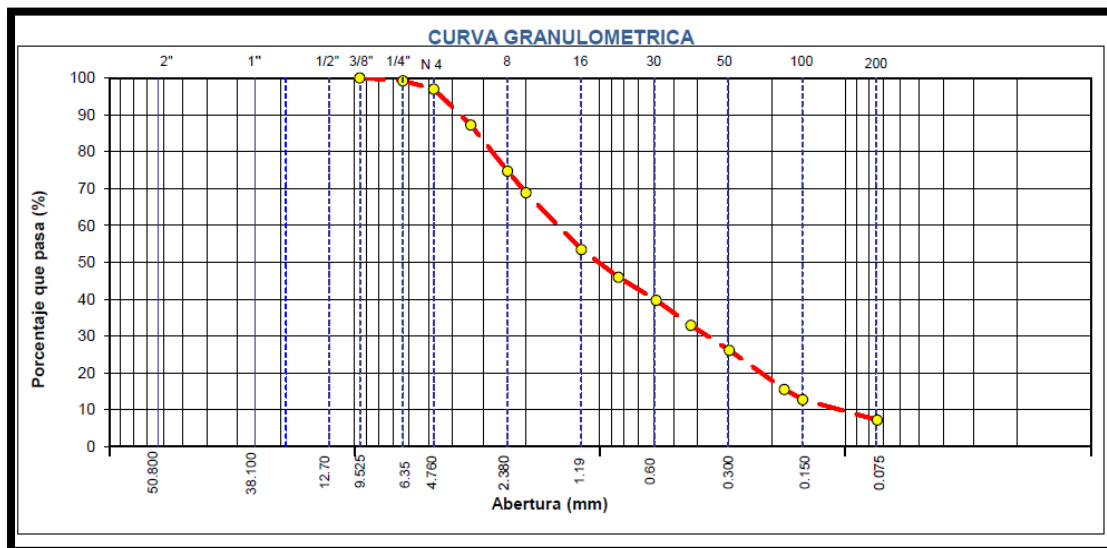


Figura 15: Análisis Granulométrico Arena Procesada

Elaborado por los autores

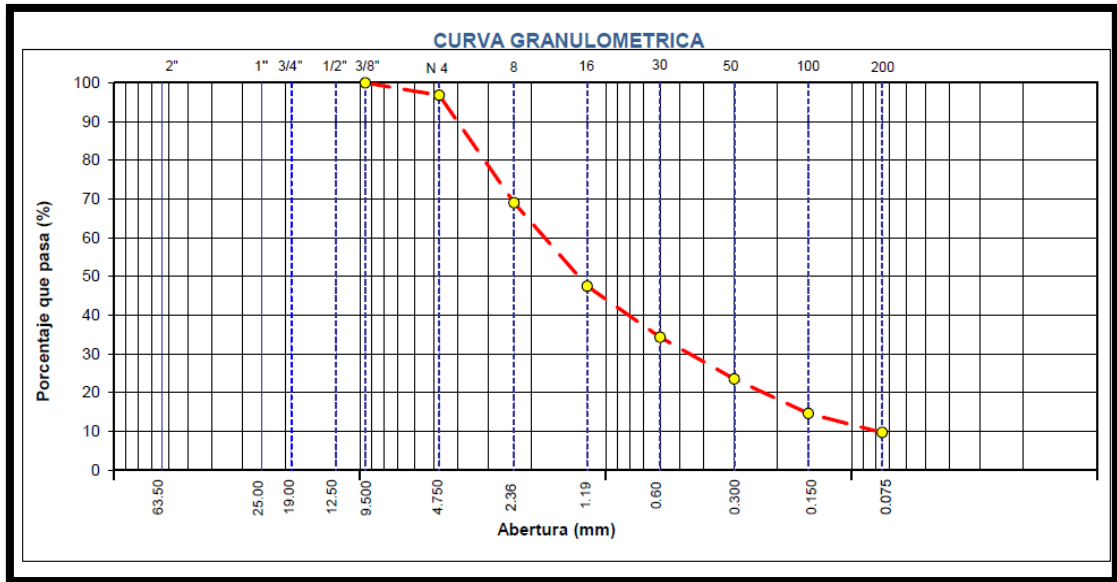


Figura 16: Análisis Granulométrico de Agrego Fino

Elaborado por los autores

5.1.3 Mezcla de los agregados

La característica de la combinación de agregados debe de estar de acuerdo con las exigencias para mezclas bituminosas. La combinación ha sido diseñada para resistir la deformación permanente (fallas recurrentes en el pavimento). Se realiza la granulometría de acuerdo a la ASTM D-3515 (ver Tabla 28 Porcentaje de combinación de agregados). Se muestra la curva granulométrica de la mezcla de agregados según la figura 17 (Ver Anexo 22).

Tabla 28
Porcentaje de combinación de agregados

Agregados	Porcentaje
Agregado Chancada < 3/4"	21 %
Confitillo < 1/2"	26 %
Arena Chancada	33 %
Arena Procesada	20 %
Total	100 %

Elaborado por los autores

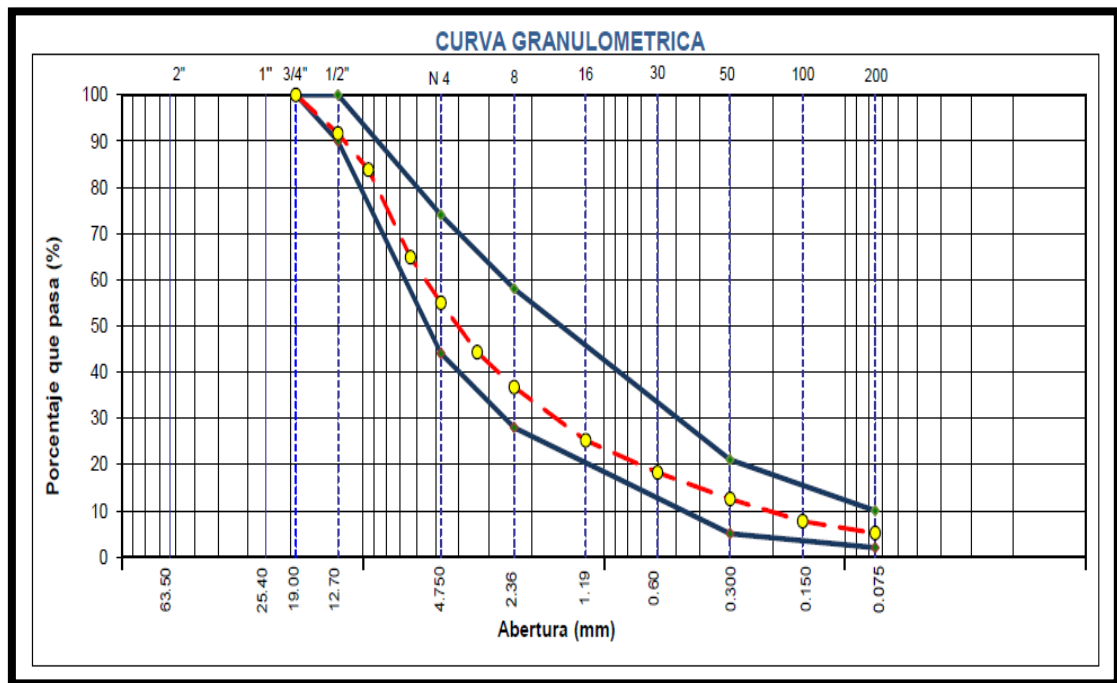


Figura 17: Curva Granulométrica de mezclas de Agregados

Elaborado por los autores

5.2 Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional

Se realizaron en el laboratorio, con cada porcentaje de asfalto, briquetas de mezcla asfáltica convencional, las cuales fueron analizadas mediante Ensayo Marshall.

5.2.1 Ensayo Marshall

Se ha diseñado respecto al Manual de Ensayos de Materiales MTC E 504, Ministerio de Transporte (2016), mediante ensayo Marshall se obtiene el contenido óptimo de asfalto en la mezcla.

Se elaboraron briqueta con cuatro contenidos de asfalto diferentes (5.0, 5.5, 6.0 y 6.5) para determinar el contenido óptimo de asfalto en la mezcla convencional (ver figura 18).



Figura 18: Probetas Marshall de Mezcla Asfáltica Convencional con diferentes Contenido de Asfalto

Elaborado por los autores

Para cada contenido de asfalto se realizaron tres briquetas, las cuales se promediaron, se obtuvieron valores que no difieren entre ellos. En la Tabla 29 se presentan los Resultados del diseño Marshall de la Mezcla Asfáltica convencional (Ver Anexo 23 y Anexo 24).

Tabla 29

Resultado del Diseño Marshall de la Mezcla Convencional

Diseño Marshall de mezcla(T° mezcla: 150° C Y T° compactación: 143° C)					
Parámetros de diseño	Unidad	Resultados			
Cemento Asfáltico	%	5.0	5.5	6.0	6.5
Densidad	kg/cm3	2.355	2.391	2.387	2.384
Estabilidad	kg	1259	1360	1356	1311
Flujo	0.01"	12.0	13.3	15.0	15.0
Vacíos	%	5.8	4.1	2.8	2.1
Vacíos Agregado Mineral	%	15.9	15.1	15.7	16.2

Elaborado por los autores

Los resultados de los parámetros Marshall se representaron en gráficas para los valores de Estabilidad, Flujo, Espacios Vacíos, Densidad y Vacíos del agregado mineral (ver figura 19, figura 20, figura 21, figura 22 y figura 23) (Ver Anexo 25)

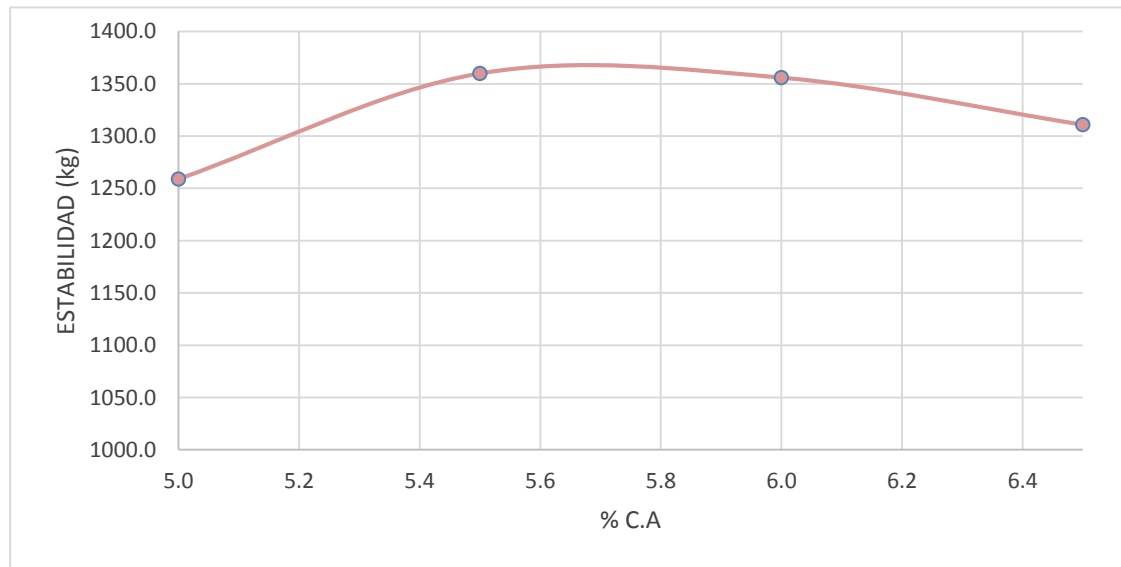


Figura 19: Curva de Estabilidad

Elaborado por los autores

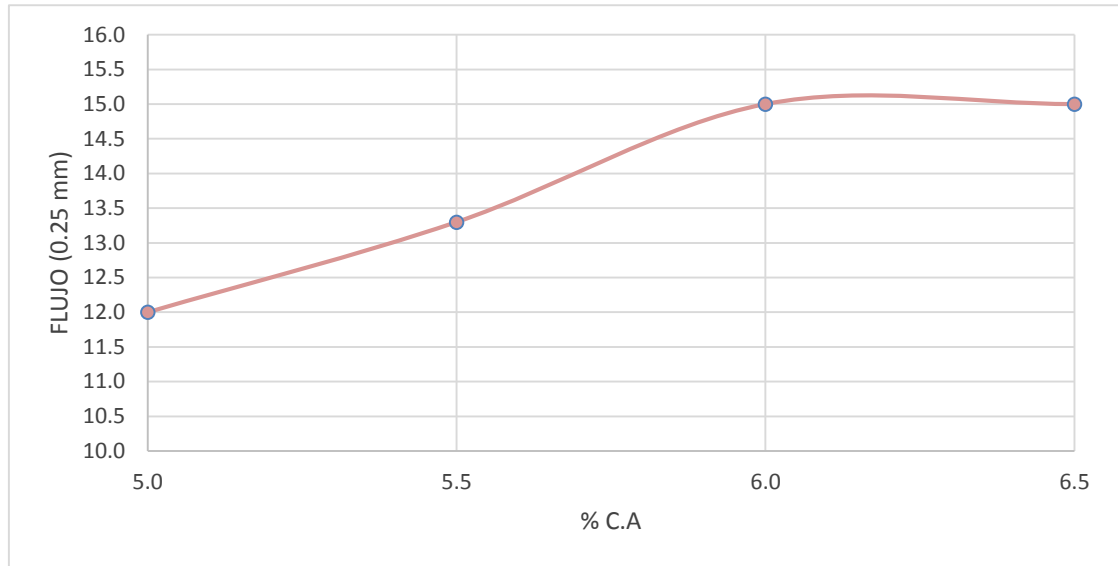


Figura 20: Curva de Flujo

Elaborado por los autores

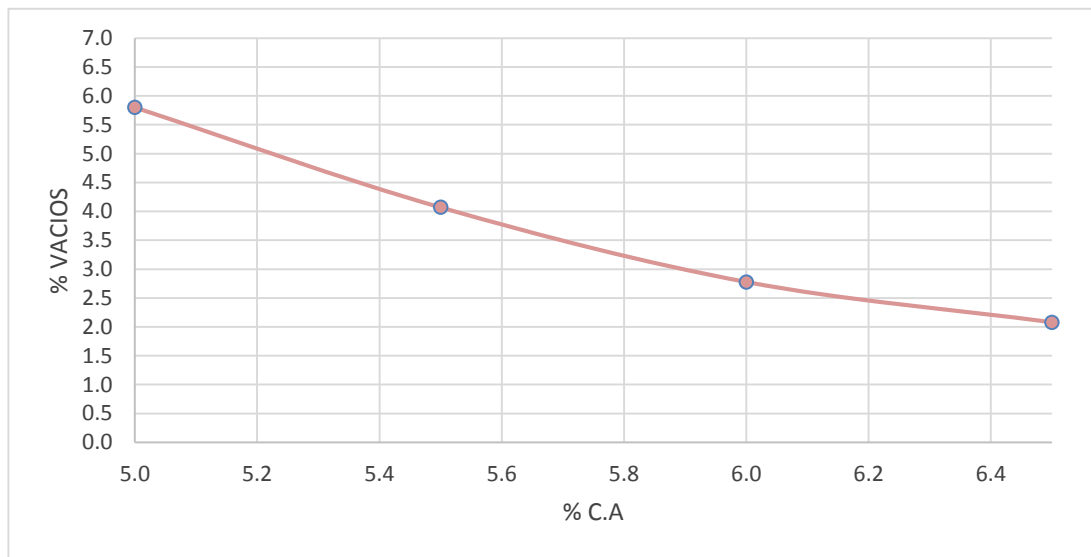


Figura 21: Curva de Espacios Vacíos

Elaborado por los autores

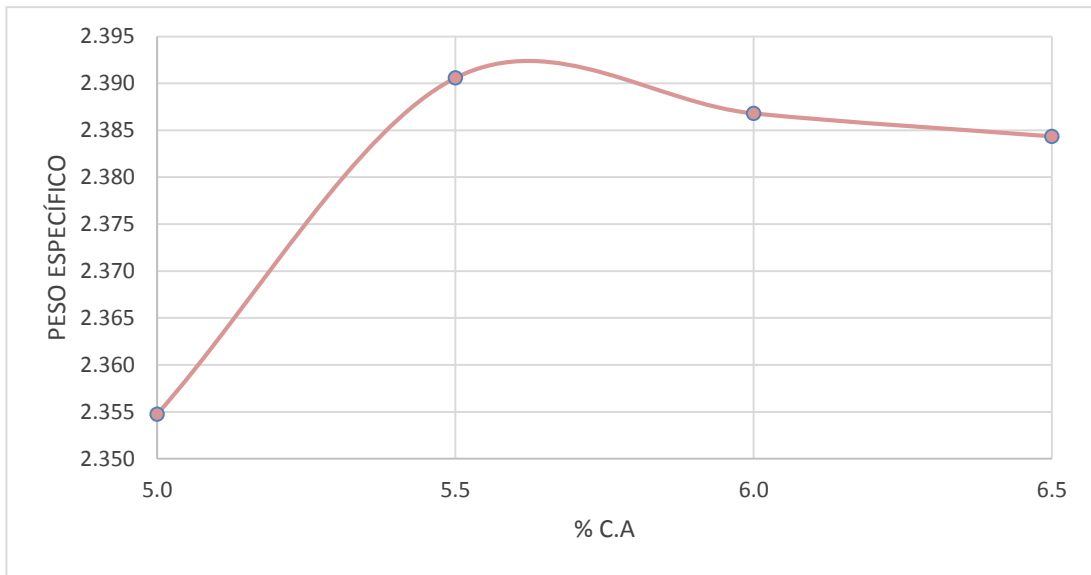


Figura 22: Curva de Densidad

Elaborado por los autores

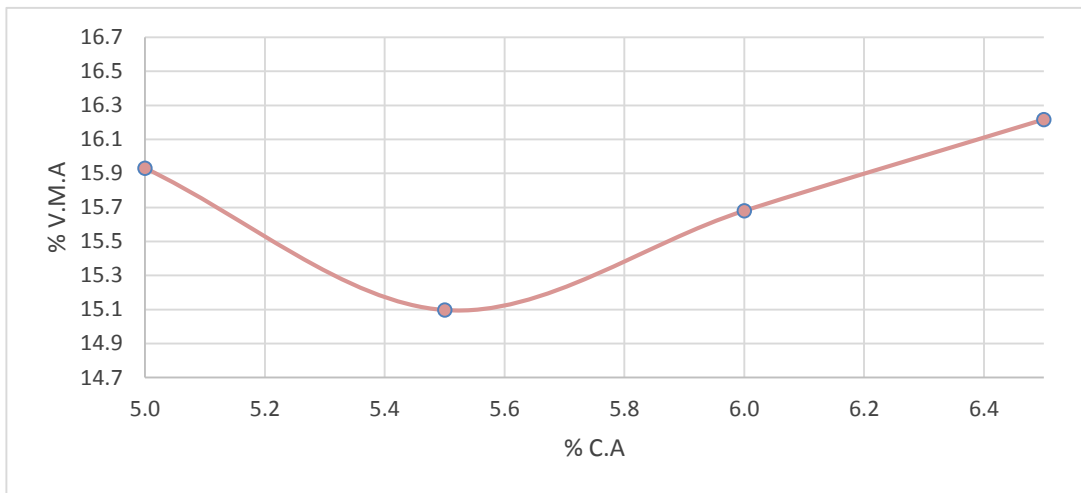


Figura 23: Vacíos del agregado mineral

Elaborado por los autores

5.2.2 Máxima gravedad específica

Se realizó el ensayo de Máxima Gravedad específica según el Manual de ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) en la sección MTC E 508.

La máxima gravedad es empleada en el cálculo de vacíos de aire de mezclas compactadas, como también para el cálculo de la cantidad de bitumen absorbido por el agregado. En la Tabla 30 se muestra la Máxima Gravedad Especifica de la Mezcla Asfáltica convencional (Ver Anexo 26).

Tabla 30
Máxima Gravedad Específica

Ensayo	Nº	1	2	3	4
Cemento Asfáltico	%	5.00	5.50	6.00	6.50
Peso del Material	Gr.	1500.0	1500.0	1500.0	1500
Peso del Agua + Frasco Rice	Gr.	5772.0	5772.0	5772.0	5772.0
Peso del Material + Frasco + Agua (en Aire)	Gr.	7272.0	7272.0	7272.0	7272
Peso del Material + Frasco+ Agua (en Agua)	Gr.	6668.0	6665.0	6659.0	6654.0
Volumen del Material	c.c.	604.0	607.0	613.0	618.0
Peso Específico Máximo	Gr/c.c.	2.483	2.471	2.447	2.427
Temperatura de Ensayo	°C	25°C	25°C	25°C	25°C
Tiempo de Ensayo	Min.	20'	20'	20'	20'
Corrección por Temperatura		1.000	1.000	1.000	1.000

Elaborado por los autores

5.2.3 Ensayo de Inmersión – Compresión

Se realiza el ensayo según el Manual de ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). En la sección MTC E 513 se mide la resistencia a compresión de mezclas asfálticas compactadas. En la sección MTC E 518 se determina el efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas compactadas (Inmersión – Compresión). En la Tabla 31 se muestra el ensayo Inmersión- Compresión (Ver Anexo 27).

Tabla 31
Inmersión – Compresión

Cálculo Del Índice De Resistencia Conservada (%)		
Denominación	Inmersión en Baño María a 60° c por 24 h.	Baño de aire a 25° c por 24 h.
Promedio de la Resistencia a la Compresión (Mpa)	3.39	3.0
Índice de Resistencia Conservada (%)		88.5

Elaborado por los autores

5.3 Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada

Se realizaron en el laboratorio, con cada porcentaje de asfalto establecido, briquetas de mezcla asfáltica modificado, las cuales fueron analizadas mediante Ensayo Marshall.

5.3.1 Ensayo Marshall

Se elaboraron briqueta con cuatro contenidos de asfalto diferentes (5.0, 5.5, 6.0 y 6.5) para determinar el contenido óptimo de asfalto en la mezcla modificada (ver figura 24).



Figura 24: Probetas Marshall de Mezcla Asfáltica Modificada con Diferente Contenido de Asfalto

Elaborado por los autores

Para cada contenido de asfalto se realizaron tres briquetas, como en la mezcla asfáltica convencional, las cuales se promediaron obteniéndose valores similares. En la Tabla 32 se presentan los Resultados del Diseño Marshall de la Mezcla Asfáltica Modificada (Ver Anexo 28 y Anexo 29)

Tabla 32

Resultado del Diseño Marshall de la Mezcla Convencional

Diseño Marshall de Mezcla(T° mezcla: 150° C Y T° compactación: 143° C)

Parámetros de Diseño	Unidad	Resultados			
Cemento Asfáltico	%	5.0	5.5	6.0	6.5
Densidad	kg/cm3	2.416	2.428	2.437	2.443
Estabilidad	kg	1664	1770	1768	1537
Flujo	0.01"	12.7	13.7	14.7	15.3
Vacíos	%	4.6	3.1	2.5	1.5
Vacíos Agregado Mineral	%	15.5	15.5	15.7	15.9

Elaborado por los autores

Los resultados de los parámetros Marshall se representaron en gráficas para los valores de Estabilidad, Flujo, Espacios Vacíos, Densidad y Vacíos del agregado mineral (ver figura 25, figura 26, figura 27, figura 28 y figura 29) Ver Anexo 30

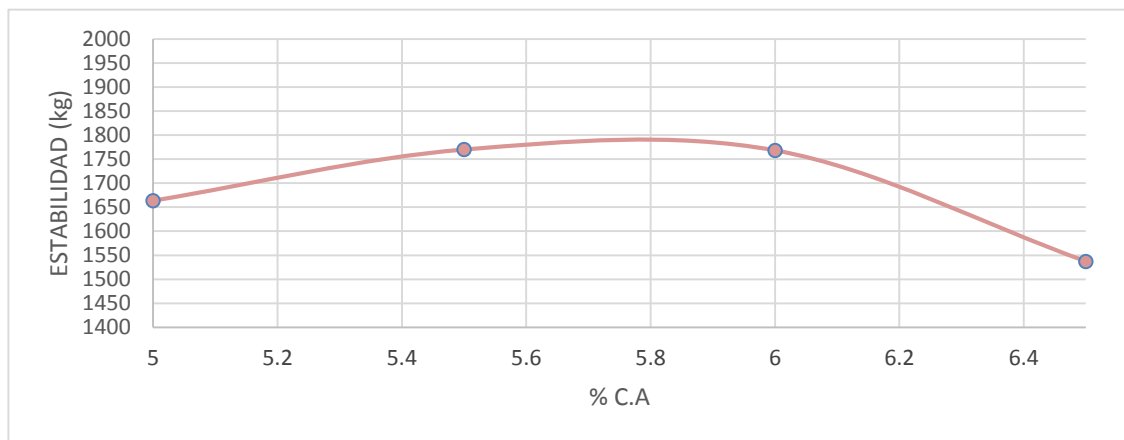


Figura 25: Curva de Estabilidad

Elaborado por los autores

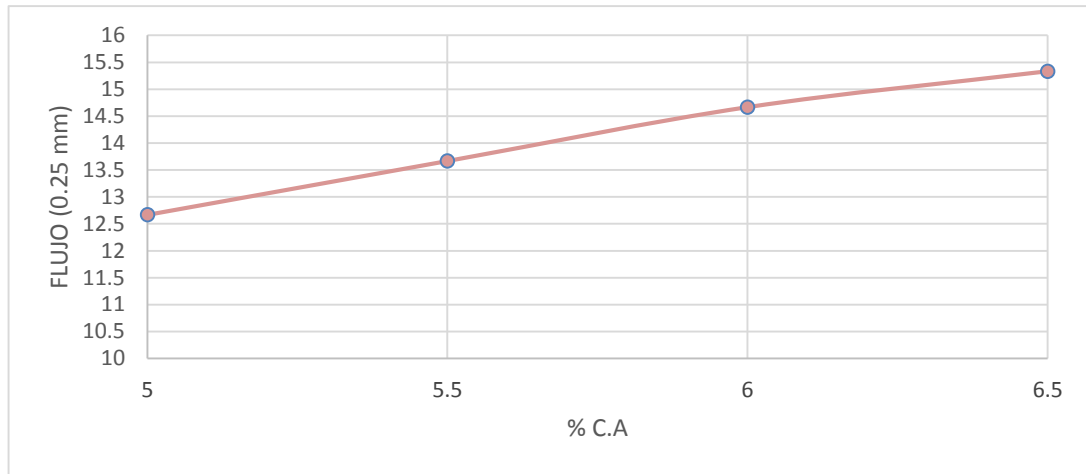


Figura 26: Curva de Espacios Vacíos
Elaborado por los autores

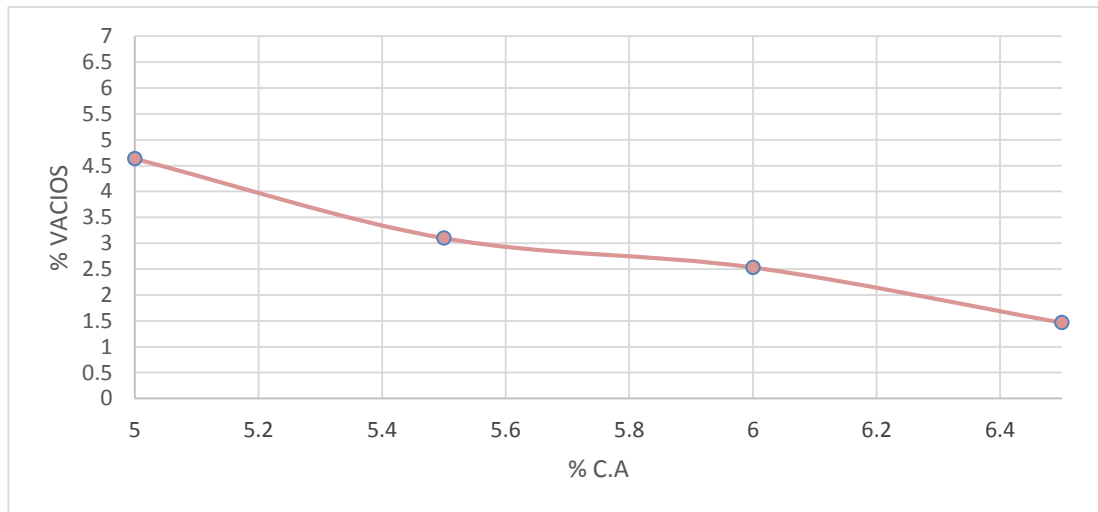


Figura 27: Curva de Densidad
Elaborado por los autores

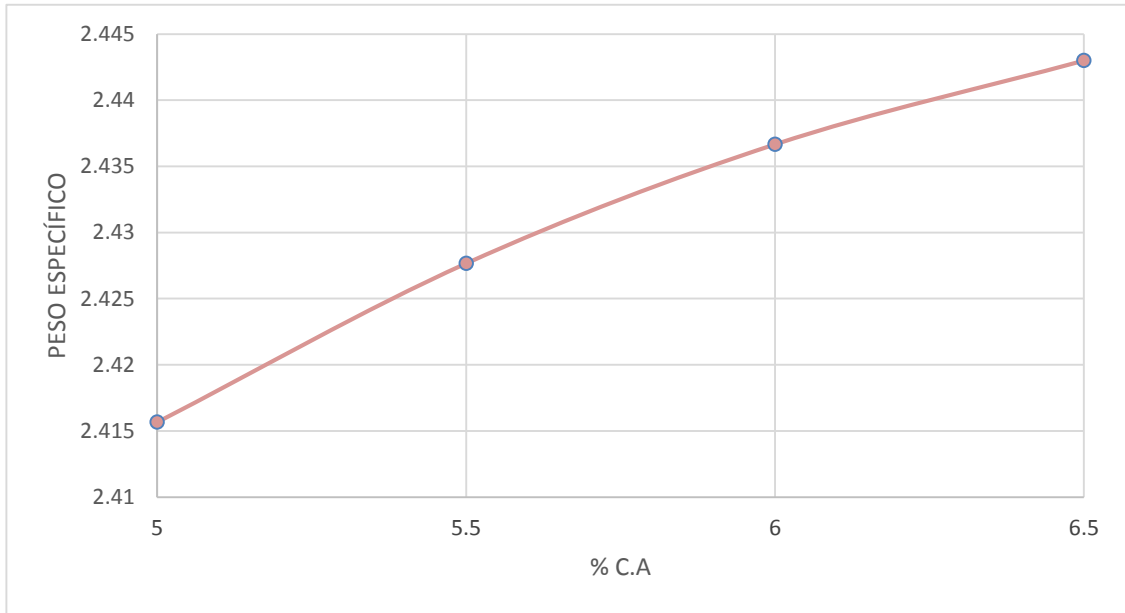


Figura 28: Curva de Densidad
Elaborado por los autores

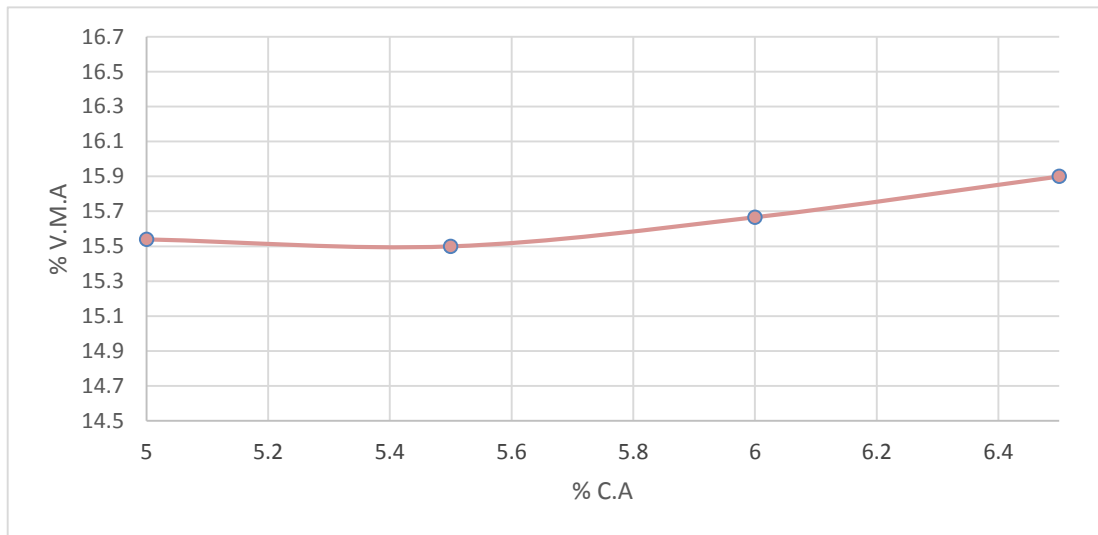


Figura 29: Vacíos del Agregado Mineral
Elaborado por los autores

5.3.2 Máxima Gravedad Específica

Según el Manual de ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) en la sección MTC E 508 se realizó ensayo de máxima gravedad específica.

La máxima gravedad es empleada en el cálculo de vacíos de aire de mezclas compactadas, así también para el cálculo de la cantidad de bitumen absorbido por el agregado. En la Tabla 33 se muestra la Máxima Gravedad Específica de la Mezcla Asfáltica modificada (Ver Anexo 31).

Tabla 33
Máxima Gravedad Específica

ENSAYO	Nº	1	2	3	4
Cemento Asfáltico	%	5.00	5.50	6.00	6.50
Peso del material	Gr.	1500.0	1500.0	1500.0	1500
Peso del agua + frasco rice	Gr.	5772.0	5772.0	5772.0	5772.0
Peso del material + frasco + agua (en aire)	Gr.	7300.0	7255.0	7300.0	7300
Peso del material + frasco + agua (en agua)	Gr.	6708.4	6670.0	6661.0	6661.1
Volumen del material	c.c.	591.6	596.5	600.2	604.8
Peso Específico máximo	Gr/c.c.	2.535	2.515	2.499	2.480
Temperatura de ensayo	°C	25°C	25°C	25°C	25°C
Tiempo de ensayo	Min.	20'	20'	20'	20'
Corrección por temperatura		1.000	1.000	1.000	1.000

Elaborado por los autores

5.3.3 Ensayo de Inmersión – Compresión

Según el Manual de ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). En la sección MTC E 513 se mide la resistencia a compresión de Mezclas Asfálticas compactadas. En la sección MTC E 518 se determina el efecto del agua en la resistencia a la compresión de Mezclas Bituminosas compactadas (Inmersión – Compresión). En la Tabla 34 Inmersión- Compresión a la mezcla asfáltica modificada (Ver Anexo 32)

Tabla 34
Inmersión – Compresión

Cálculo del Índice de resistencia conservada (%)		
Denominación	Inmersión en Baño maría a 60° c por 24 h.	Baño de aire a 25° c por 24 h.
Promedio de La Resistencia a la Compresión (Mpa)	2.45	2.71
Índice de Resistencia Conservada (%)		90.7

Elaborado por los autores

5.4 Contenido Óptimo de Asfalto

El contenido óptimo de asfalto en la mezcla se determinó, partiendo desde el porcentaje de asfalto para el promedio de los límites de vacíos (4 %), con el cual es de 5.5 %. El contenido óptimo de asfalto se utilizó para la evaluación de los demás parámetros, los cuales cumplen los requerimientos del diseño especificados en la Tabla 35 basada en el MTC. (Ver figuras 30, figura 31, figura 32, figura 33 y figura 34), ver Anexo 33.

Tabla 35
Requerimientos EG – 2013 y diseño Marshall de la Mezcla Asfáltica
convencional

Parámetro de diseño de la mezcla convencional	Und	Diseño	Requerimiento	Criterio de aceptación
Óptimo Cemento Asfáltico (%)		5.5		-----
Granulometría		OK	Huso D-5 (ASTM D3515)	Cumple
Marshall MTC E 504				
1. Compactación, numero de golpes		75	75	Cumple
2. Densidad	gr/cm3	2.391	-	
3. Estabilidad	kg	1360	8.15 KN (831kg)	Cumple
4. Flujo (0.01"/0.25mm)	pulg	13.3	8 - 14	Cumple
5. Relación estabilidad - flujo	kg/cm	4091	1700 - 4000	Cumple
6. Porcentaje de vacíos con aire	%	4.1	3% - 5%	Cumple
7. Vacíos en el agregado mineral	%	15.1	14% min	Cumple
8. Relación polvo - asfalto		1.3	0.6 - 1.3	Cumple
Inmersión - Compresión MTC E 518				
1. Resistencia a la compresión	Mpa	3	2.1 min	Cumple
2. Resistencia retenida	%	88.5	75% min	Cumple
Índice de Compactibilidad				
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASTHO T 283	%	84.9	80%min	Cumple

Elaborado por los autores

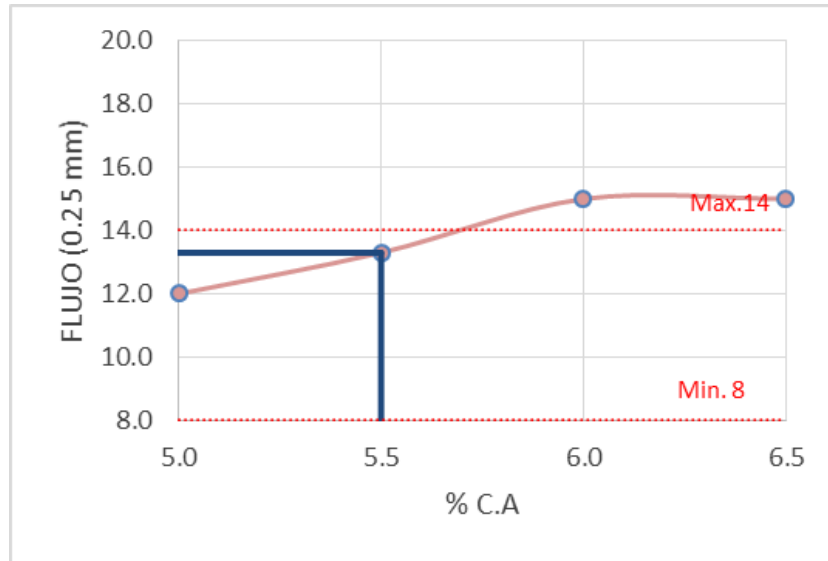


Figura 30: Variación del Flujo respecto % Cemento Asfáltico.

Elaborado por los autores

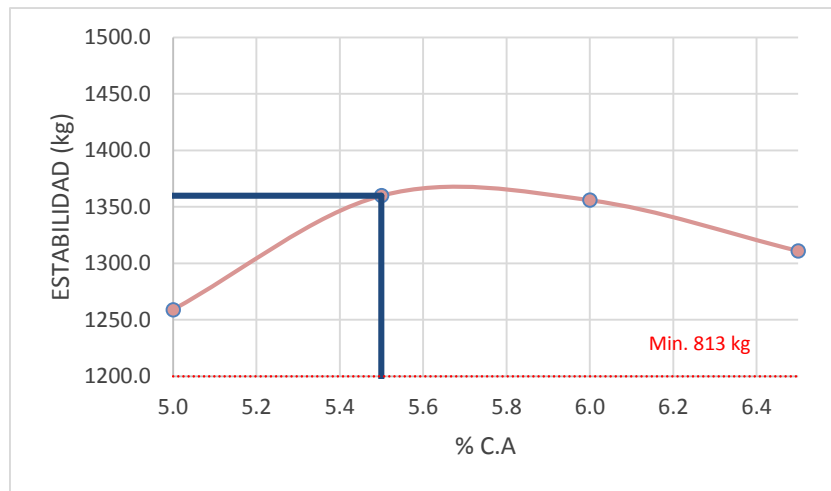


Figura 31: Variación de Estabilidad respecto % Cemento Asfáltico.

Elaborado por los autores

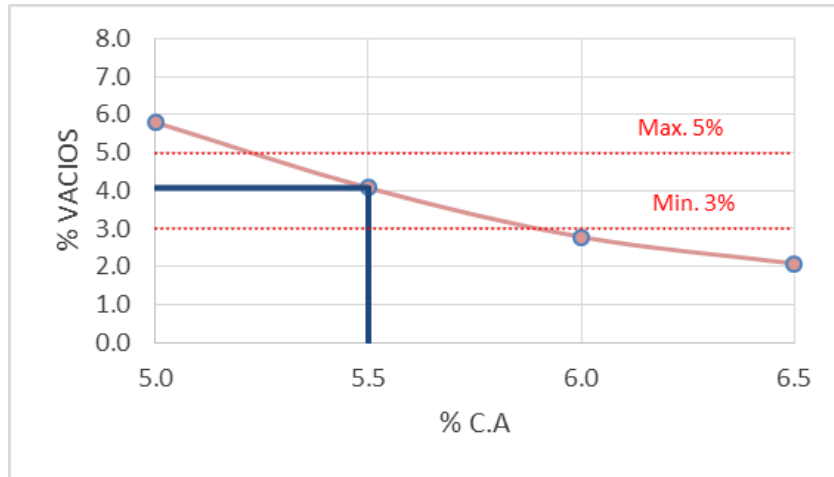


Figura 32: Variación de Vacíos respecto % Cemento Asfáltico
Elaborado por los autores

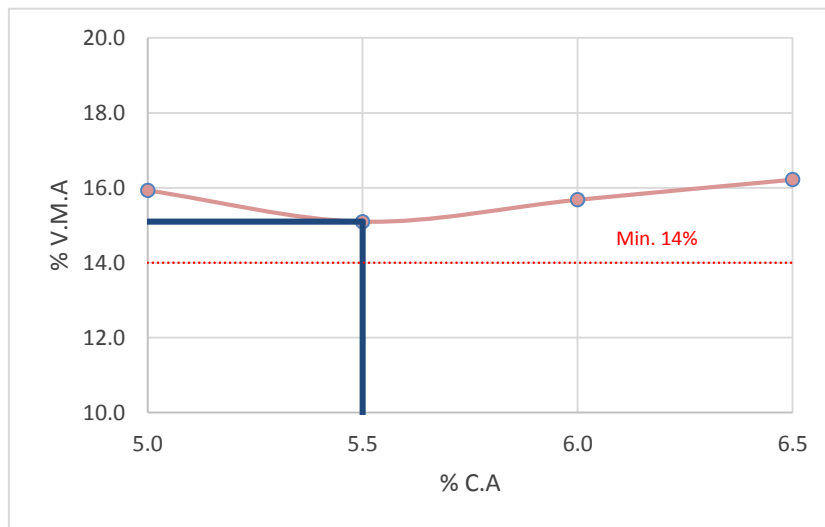


Figura 33: Variación de VMA respecto % Cemento Asfáltico.
Elaborado por los autores

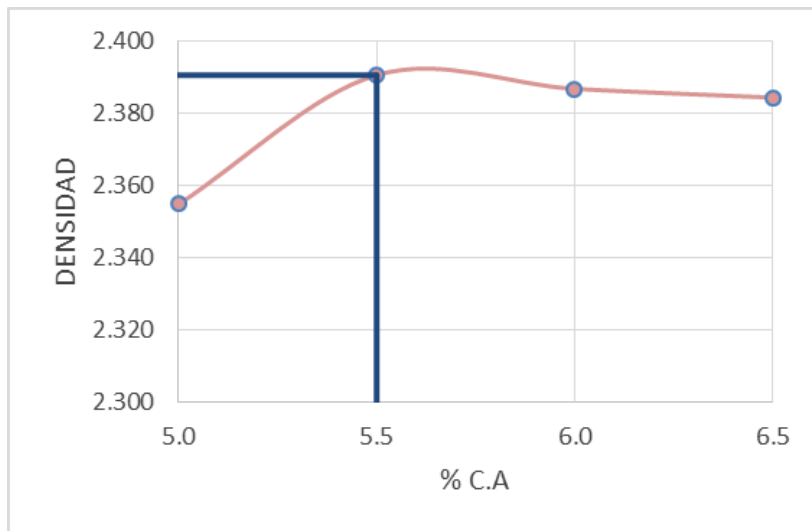


Figura 34: Variación de Densidad respecto % Cemento Asfáltico.

Elaborado por los autores

5.5 Análisis Comparativo Costo-Beneficio de la Mezcla Asfáltica Convencional y Mezcla Asfáltica Modificada

Se ha realizado la simulación de la ejecución de un tramo de 1km de espesor igual a 3" y un ancho de calzada de 3.60 m, para ver el comparativo económico entre las mezclas asfálticas y poder analizar el costo/beneficio.

La mezcla asfáltica modificada tiene una vida útil de nueve a diez años en óptimas condiciones y la mezcla asfáltica convencional de tres a cuatro años en óptimas condiciones. A partir de un tercer año, para la mezcla asfáltica convencional, se realiza un mantenimiento para que la capa de

rodadura este en buen estado e incrementar su vida útil. Para la mezcla asfáltica modificada no se realiza ningún mantenimiento, ya que se realiza el análisis comparativo en el mismo tiempo, diez años. En la Tabla 36 se presenta el Análisis Comparativo Económico de las Mezclas Asfálticas.

Tabla 36
Análisis Comparativo Económico

	Asfalto Convencional	Asfalto Modificado con Betutec IC + Aditivo Warmix
Unidad	m3	m3
Metrado	274.32	274.32
Precio Unitario	340	450
Precio Unitario de Mantenimiento	10720	10720
N° Veces de Mantenimiento	3	0
Total	S/ 125,428.80	S/ 123,444.00

Elaborado por los autores

5.6 Procedimiento para la Elaboración de Briquetas de Asfalto Convencional y Modificado

El procedimiento de la elaboración de briquetas de mezcla asfáltica modificada no difiere del procedimiento de la mezcla asfáltica convencional, excepto la utilización del cemento asfáltico PEN 60/70 (Ver Anexo 34) por el Betutec IC + aditivo Warmix (Ver Anexo 35). Los pasos seguidos en la elaboración de las briquetas, convencional y modificada, son:

1. Se realizó el cuarteo y granulometría de cada agregado utilizado en el diseño (piedra chancada, confitillo, arena chancada y arena procesada), para luego realizar la mezcla de los agregados gruesos y finos y finalmente la mezcla de los agregados (Ver figura 35)



Figura 35: Ensayo Granulométrico

Elaborado por los autores

2. Se calentó los agregados en horno a la temperatura de 150° C (Ver figura 36)



Figura 36: Agregados en el horno a una Temperatura de 150° C

Elaborado por los autores

3. Se combina con el PEN 60/70 y los agregados a un peso de 1500g, luego se lleva al horno nuevamente por una hora (Ver figura 37)



Figura 37: Mezcla del PEN 60/70 y Agregados

Elaborado por los autores

4. Se vierte, la mezcla de agregado y Cemento Asfáltico, en el molde Marshall para luego ser compactada en una compactadora mecánica a 75 golpes por cara (Ver figura 38 y figura 39)



Figura 39: Mezcla de agregados en molde Marshall



Figura 38: Compactación de briqueta

Elaborado por los autores

5. Las briquetas son desmoldadas en una prensa hidráulica pasadas las 24 horas, según la figura 40.



Figura 40: Desmoldación en Prensa

Elaborado por los autores

6. Para la realización del ensayo de peso específico (Densidad) las briquetas son pesadas individualmente en seco, luego de ser saturadas en agua a 25 °C y sumergidas en el agua. (Ver figura 41)



Figura 41: Peso Específico
Elaborado por los autores

7. En Baño María son sumergidas, las briquetas, aproximadamente a una hora de saturación a 60°C. (Ver figura 42)



Figura 42: Baño María
Elaborado por los autores

8. Después de haber sido saturadas en el Baño María son llevadas a la prensa Marshall para la rotura de cada briqueta. (Ver figura 37)



Figura 43: Prensa Marshall

Elaborado por los autores

9. Finalmente, se realiza una mezcla adicional de agregado, como para una briqueta, para obtener la Máxima Gravedad Específica de la mezcla (RICE). Se realiza en un frasco RICE durante 20 minutos a una temperatura de 25°C. (Ver figura 44 y figura 45)



Figura 44: Mezcla Asfáltica para RICE

Elaborado por los autores



Figura 45: Ensayo Máxima Gravedad Específica

Elaborado por los autores

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

La incorporación de Betutec IC + aditivo Warmix mejora significativamente el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada, respecto a la mezcla convencional como se muestra en la siguiente Tabla 37 Comparativo de Mezcla Convencional vs Modificado.

Tabla 37
Comparativo de Mezcla Convencional vs Modificado

Parámetros de Diseño	Clase de mezcla PEN 60/70	Convencional	Modificado	Diferencia
Marshall MTC E 504				
Compactación, número de golpes por lado	75	75	75	75
Cemento Asfáltico	%	5.5	5.5	5.5
Densidad	kg/cm ³	2.391	2.428	1.55%
Estabilidad	kg/cm ²	1360	1770	30.15%
Flujo	0.01"	13.3	13.7	3.01%
Vacíos	%	4.1	3.1	-24.39%
Vacíos Agregado Mineral	%	15.1	15.5	2.65%

Elaborado por los autores

CONCLUSIONES

La conclusión general y conclusiones específicas de la investigación son:

Conclusiones Generales

La incorporación de Betutec IC + aditivo Warmix mejora significativamente el comportamiento mecánico de la mezcla modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional. Se obtuvieron los siguientes beneficios: incremento de la Fluidez, Estabilidad, Densidad, Espacios vacíos del agregado mineral y la reducción de espacios vacíos de la mezcla asfáltica, los cuales se traducen en mayor durabilidad ante agentes agresores e incrementa la vida útil del pavimento.

Conclusiones Específicas

1. La Estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es significativamente superior a la Estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 30.15%.

2. El Flujo de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es superior en 3.01% a la convencional.
3. La Densidad de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es superior a la Estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 1.55%.
4. Los espacios vacíos de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es menor en 24.39% al convencional.
5. Los espacios vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es mayor en 2.65% al convencional.

RECOMENDACIONES

1. Realizar nueva investigación cuando la EG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones sea aprobada, para analizar las modificaciones que puedan existir respecto a la EG-2013.
2. Controlar la temperatura de compactación de la mezcla modificada, evitando que sea menor a 145°C, ya que de lo contrario, esta se volvería muy viscosa y no trabajable.
3. Efectuar el análisis económico (costo/beneficio) de la ejecución de pavimentos con mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix comparada con la mezcla asfáltica convencional.
4. Realizar un estudio de post-colocación, entre 10 a 12 meses, ya que con la Transitabilidad se sellan los espacios vacíos de la mezcla asfáltica, obteniendo valores reales (in situ).
5. A fin de aplicar criterios de “desarrollo sostenible” preservando el medio ambiente, el Gobierno debería implementar la Normatividad para el uso de aditivos en los proyectos viales del país, ya que se obtendría innovación tecnológica.

GLOSARIO

AASHTO: Association of State Highway and Transportation Officials (**Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes**).

Es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos.

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 masa seca. (SCT, IMT 2006, PT N° 299).

Aditivo: Productos comerciales manufacturados que, cuando se adicionan a un suelo o a una mezcla de suelo – agregado en cantidades apropiadas, alteran favorablemente desde el punto de vista del comportamiento ingenieril, algunas propiedades como la textura, la Trabajabilidad, la plasticidad y la resistencia.

Adherencia: Capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interface Mortero – Base. Es decir, la resistencia a despegar dos o más elementos unidos.

Agrietamiento: El agrietamiento de las capas asfálticas es una señal de “fatiga” de la carpeta o capa como resultado de la acumulación de esfuerzos horizontales de tensión generados por las cargas transmitidas por los vehículos pesados.

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.

Coefficiente estructural: Son coeficientes que están relacionados con parámetros resistentes de bases granulares, sub-bases granulares, bases

tratadas con asfalto y bases tratadas con cemento. Conforme a estos coeficientes, se puede proceder al diseño de un paquete estructural para un pavimento flexible.

Compactación: Es el proceso realizado generalmente por medios mecánicos, por el cual se obliga a las partículas ponerse en contacto de otras, disminuyendo su relación de vacíos. El objetivo de la compactación es el mejoramiento de las propiedades, de tal manera que presente un comportamiento mecánico adecuado.

Densidad: Es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en determinado volumen de una sustancia.

Durabilidad: Es la capacidad de una estructura para mantenerse estable en su apariencia original, a través del tiempo.

Elastómero: Es un material que dispone de una elevada elasticidad. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma.

Estabilidad: Es la capacidad del asfalto resistir las cargas del tránsito sin que se produzcan deformaciones.

Impermeabilidad: Propiedades que tienen las superficies de rechazar el agua sin dejarse atravesar por ella.

Inmersión – Compresión: Permite determinar el efecto del agua a la resistencia a la compresión de mezclas asfálticas compactadas que contiene Cemento Asfáltico.

Ligante: Los ligantes bituminosos proporcionan elasticidad al pavimento, característica por la cual los pavimentos bituminosos reciben el nombre de flexibles.

Mezcla Bituminosa o Asfálticas en caliente: Son aquellas combinaciones de áridos, incluyendo el polvo mineral, más un ligante hidrocarbonado y ante

eventualidad, aditivos, todos ellos combinados a los efectos de que todas las partículas del árido queden cubiertas por una película de ligante homogénea.

Polímero: Sustancia de alto peso molecular formada por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas llamados monómeros (compuestos químicos con moléculas simples).

Reológico: Es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir. La reología es una parte de la mecánica de medios continuos.

Rice: Densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas no compactadas a una temperatura de 25°C.

Superpave: Superior Performing Asphalt Pavements (Pavimentos de asfalto de rendimiento superior), el cual designa un pavimento asfáltico cuya composición específica corresponde a un resultante de investigación sobre pavimentos.

Trabajabilidad: Refiere a la facilidad o dificultad para aplicar y extender la mezcla, siendo esto una combinación de consistencia, plasticidad, cohesión y adhesión del mortero.

Transitabilidad: Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Estrada, V. (2017). Tesis de Ingeniería Civil “Estudio y Análisis de Desempeño de MezclaAsfáltica Convencional PEN 85/100 Plus y MezclaAsfáltica Modificada con Polímero Tipo SBS PG 70-28”, Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

Pereda y Cubas. (2015). Tesis de Ingeniería Civil “Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico – económico con los asfaltos convencionales”, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú..

Paredes, E (2009). Tesis de Ingeniería Civil “ Comportamiento mecánico de las mezclas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt)”, Universidad Ricaldo Palma, Lima, Perú.

Ordoñez, A (2008). Tesis de Ingeniería Civil “ Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente, empleando Cal, en los aeropuertos del sur de Perú”, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.

López, E. (2004). Tesis de Ingeniería Civil “ Utilización de aditivos polímeros en pavimentos flexibles”, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Ortiz, k. (2016). Tesis de Ingeniería Civil “ Diseño de MezclaAsfáltica con caucho SBR usando método Marshall”,. Universidad de Especialidades Espiritu Santo, Samborondón, Ecuador.

Pérez, R. (2014). Tesis de Especialización en ingeniería de pavimentos “Realidades y Percepciones del uso de los asfaltos modificados en Colombia”, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Contreras y Delgado (2017). Tesis de Ingeniería Civil “Análisis Costo-Beneficio basado en el ciclo de vida útil de mezclade asfalto modificado con polvo de caucho en la capa de rodadura”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Wulf, F. (2008). Tesis de Ingeniería Civil “Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímeros”, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Maila, M. (2013). Tesis de Ingeniería Civil “Comportamiento de una Mezcla Asfáltica modificada con polímero Etileno Vinil Acetato”, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

ASTM Internacional (2002). ASTM E867-97 Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems. West Conshohocken, USA.

Norma AASHTO T 245 (2003). Standard Method of Test Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture Induced Damage.

Norma AASHTO T 209 (2014). Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA).

Instituto del Asfalto (1982), Manual de Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente MS-22. Lexington, Estados Unidos.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG - 2013. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales 2016. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima, Perú.

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy - Pavimentos: materiales, construcción y diseño, 1era. Ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2015.

Fuentes Electrónicas

http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1987/1/RE_ING.CIVIL_DANFER.PEREDA_NAHUM.CUBAS_ASFALTOS.CAUCHO.RECICLADO_DATOS_T046_18189442T.PDF.PDF.

http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1987/1/RE_ING.CIVIL_DANFER.PEREDA_NAHUM.CUBAS_ASFALTOS.CAUCHO.RECICLADO_DATOS_T046_18189442T.PDF.PDF

<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/135>

<https://es.scribd.com/document/358631676/Tesis-de-Adelaida>

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3108/1/lopez_lm.pdf

<http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/599/1/TESIS%20KERLLY%20ORTIZ%2016-09-2016%20mod%202%20final.pdf>

<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12236/1/TRABAJO%20FINAL%20MODIFICADOS%2017-06-2014.pdf>

<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/100265/D-CD70225.pdf>

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcw961a/doc/bmfcw961a.pdf>

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/742>

ÍNDICE DE ANEXO

	Pág
Anexo 1 Matriz de Consistencia	107
Anexo 2 Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	108
Anexo 3 Índice de Durabilidad de Agregado Grueso	108
Anexo 4 Partículas Chatas y Alargadas	110
Anexo 5 Caras Fracturadas	111
Anexo 6 Sales Soluble Totales	112
Anexo 7 Absorción Agregado Grueso	113
Anexo 8 Análisis Granulométrico Piedra Chancada <3/4"	114
Anexo 9 Análisis Granulométrico Confitillo <1/2"	115
Anexo 10 Análisis Granulométrico Mezclade Agregado Grueso	116
Anexo 11 Equivalente de Arena	117
Anexo 12 Angularidad del Agregado Fino	118
Anexo 13 Azul de Metileno	119
Anexo 14 Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	120
Anexo 15 Índice de Durabilidad	121
Anexo 16 Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	122
Anexo 17 Sales Solubles Totales Agregado Fino	123
Anexo 18 Absorción Agregado Fino	124

Anexo 19 Análisis Granulométrico Arena Chancada	125
Anexo 20 Análisis Granulométrico Arena Procesada	126
Anexo 21 Análisis Granulométrico Mezclade Agregados Finos	127
Anexo 22 Análisis Granulométrico Mezclade Agregados	128
Anexo 23 Ensayo Marshall Convencional (5.0 % Y 5.5 %)	129
Anexo 24 Ensayo Marshall Convencional (6.0 % Y 6.5 %)	130
Anexo 25 Gráfica Método Marshall Convencional	131
Anexo 26 Máxima Gravedad Específica Convencional	132
Anexo 27 Ensayo Inmersión - Compresión	133
Anexo 28 Ensayo Marshall Modificado (5.0 % Y 5.5 %)	134
Anexo 29 Ensayo Marshall Modificado (6.0 % Y 6.5 %)	135
Anexo 30 Gráfica Método Marshall Modificado	136
Anexo 31 Máxima Gravedad Específica Modificada	137
Anexo 32 Ensayo Inmersión - Compresión Modificada	138
Anexo 33 Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto	139
Anexo 34 Certificado Pen 60/70	140
Anexo 35 Certificado de Betutec Ic + Aditivo Warmix	142

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	INDICADORES	MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	MÉTODO
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix para mejorar el comportamiento mecánico respecto a mezcla asfáltica convencional.	La incorporación en la mezcla modificada del Betutec IC + aditivo Warmix mejora significativamente el comportamiento mecánico respecto a la mezcla asfáltica convencional.	V. INDEPENDIENTE Betutec IC + aditivo Warmix	Gráfico de Temperaturas de Mezcla y Compactación	Certificado de Calidad Betutec IC + aditivo Warmix	GRANULOMETRÍA	MANUAL EG-2013 DEL MTC MANUAL DEL INSITUTO DEL ASFALTO	El Tipo de Investigación , es aplicada de enfoque cuantitativo y de tipo experimental, porque realizaremos ensayos para la obtención de datos comparativos.
SECUNDARIO	ESPECÍFICO	SECUNDARIO	V. DEPENDIENTE			ENSAYO MARSHALL		
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la estabilidad de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de la estabilidad respecto a mezcla asfáltica convencional.	La estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es significativamente superior a la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 30.15%.	Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica	Estabilidad	Ensayo Marshall (Estabilidad)	ENSAYO DE MÁXIMA GRAVEDAD ESPECÍFICA	MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIAL DEL MTC 2016	El Nivel de Investigación , tiene un alcance descriptivo, ya que tiene un diseño experimental conformado por la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix que se realizara en el laboratorio.
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la fluidez de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar a mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de la fluidez respecto a mezcla asfáltica convencional.	El flujo de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es superior en 3.01% a la convencional.		Fluidez	Ensayo Marshall (Fluidez)		BRIQUETAS	El propósito del estudio es experimental conformado por la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix que se realizara los ensayos respectivamente.
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en la densidad de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de la densidad respecto a mezcla asfáltica convencional.	La densidad de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es superior a la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 1.55%.		Densidad	Ensayo de Peso Específico		PRENSA MARSHALL PRENSA HIDRÁULICA EQUIPO PARA PESO ESPECÍFICO	Número de medición es longitudinal, ya que se realizará toma de datos más de una vez.
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en los vacíos de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de los vacíos en la mezcla asfáltica respecto a mezcla asfáltica convencional.	Los espacios vacíos de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es menor en 24.39% al convencional.		Espacios Vacíos	Ensayo Máxima Gravedad Específica	TAMIZADOR MECÁNICO	La cronología es prospectiva, porque se recolecta los datos después de haber planificado el estudio.	
¿Cómo el Betutec IC + aditivo Warmix influye en los vacíos en el agregado mineral de una mezcla asfáltica modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional?	Realizar la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix de los vacíos en el agregado mineral en la mezcla asfáltica respecto a mezcla asfáltica convencional.	Los espacios vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica modificada con incorporación de aditivo es mayor en 2.65% al convencional.		Vacíos en Agregado Mineral	Ensayo Marshall (Vacíos de Agregado Mineral)	INMERSIÓN Y COMPRESIÓN BAÑO MARÍA		

Elaborado por los Autores

Anexo 2 Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

METODO DE ENSAYO PARA LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DEL SULFATO DE SODIO O MAGNESIO

DATOS DE LA MUESTRA							
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS			FECHA	:	04/05/2018	
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA			HECHO POR	:	CAHUANA/LIMAS	
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO			CANTIDAD	:	50 kg.aprox.	
MUESTREO	MEZCLA DE PIEDRA						
ABERTURA MALLA		N° TARA	PESO DE LA FRACCION DE ENSAYO (g)		PERDIDA TOTAL %	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PERDIDA CORREGIDA (%)
PASA (%)	RET. (%)		ANTES	DESPUES			
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	A	945.3	912.5	3.5	34.5	1.20%
1/2"	3/8"						
3/8"	N°4	B	512.3	492.5	3.9	57.8	2.30%
PORCENTAJE DE PERDIDA TOTAL							3.50%

Observaciones:

- 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante.
- 2.- Norma Utilizada ASTM C88.
- 3.- El ensayo fue efectuado con Sulfato de magnesio.

REVISADO POR	
Jefe de Laboratorio	
Firma	

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario
JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 3 Índice de Durabilidad de Agregado Grueso



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	: 04/05/2018
CANtera	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	: CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	: 50 kg. aprox.
MUESTREO	MEZCLA DE PIEDRAS		

INDICE DE DURABILIDAD	MUESTRA		PROMEDIO
	1	2	
Tamaño máximo pasante malla 3/4" (mm.)	19.05	19.05	
Tiempo de agitado (s)	120	120	
Hora de Inicio de ensayo	08:10	09:05	
Hora de inicio de decantación	08:11	09:06	
Hora de termino de decantación (duración: 20 min)	08:31	09:26	
Altura máxima de asentamiento (mm.)	32.2	35.5	
Índice de Durabilidad (%)	70.26	68.42	

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
 2.- Norma Utilizada ASTM C3744.

REVISADO POR:	
Jefe de Laboratorio	
Firma	

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 4 Partículas Chatas y Alargadas



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

METODO DE ENSAYO PARA LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DEL SULFATO DE SODIO O MAGNESIO

DATOS DE LA MUESTRA						
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS		FECHA	:	04/05/2018	
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA		HECHO POR	:	CAHUANA/LIMAS	
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO		CANTIDAD	:	50 kg.aprox.	
MUESTREO	MEZCLA DE PIEDRA					
ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	PESO QUE PASA	CHATAS Y ALARGADAS %	GRANULOMETRÍA ORIGINAL RETENIDO (%)	CHATAS ALARGADAS CORREGIDA (%)
PASA (%)	RET. (%)	(g)	(g)			
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	980.0	6.4	0.7	17.9	0.12
1/2"	3/8"	686.7	20.2	2.9	16.6	0.49
				TOTAL:	34.5	0.61
PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS						0.6%

Observaciones:

- 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante.
- 2.- Norma Utilizada ASTM D 4791
- 3.- La relación a emplearse para la determinación es: 1/3 (espesor/ longitud)
- 4.- El ensayo se realizó con material retenido en la malla 3/8"

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 5 Caras Fracturadas



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

DATOS DE LA MUESTRA						
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS		FECHA	:	04/05/2018	
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA		HECHO POR	:	CAHUANA/LIMAS	
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO		CANTIDAD	:	50 kg.aprox.	
MUESTREO	MEZCLA DE PIEDRA					

A) CON UNA CARA FRACTURADA

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	PARTICULAS FRACTURADAS (g)	% DE CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA (%)	RET. (%)					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1068.9	1068.9	100%	17.9	17.9
1/2"	3/8"	734	734	100%	16.6	16.6
		TOTAL:			34.5	34.5

CON UNA CARA FRACTURADA	100.0%
-------------------------	--------

B) CON DOS A MÁS CARAS FRACTURADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	PARTICULAS FRACTURADAS (g)	% DE CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA (%)	RET. (%)					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1068.9	1068.9	100%	17.9	17.9
1/2"	3/8"	734	734	100%	16.6	16.6
		TOTAL:			34.5	34.5

CON DOS A MÁS CARAS FRACTURADAS	100.0%
---------------------------------	--------

Observaciones:

- 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante.
- 2.- Norma Utilizada ASTM D 5821.
- 3.- El ensayo se realizó con material retenido en la malla 3/8"

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 6 Sales Soluble Totales



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES EN AGREGADOS GRUESO

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	: 04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	: CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	: 50 kg. aprox.
MUESTREO	PIEDRA CHANCADA MEZCLA		

MUESTRA	SALES SOLUBLES TOTALES
CANTERA LA GLORIA	0.14%

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
 2.- Metodo de ensayo utilizado MTC E 219.

REVISADO POR:	
Jefe de Laboratorio	
Firma	

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario
JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 7 Absorción Agregado Grueso




LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	50 kg. aprox.
MUESTREO	MEZCLA DE PIEDRAS		

AGREGADO GRUESO		ENSAYOS		PROMEDIO
		1	2	
Peso Material Saturado Superficialmente seco (en el aire)	(g)	1647.70	1777.20	
Peso Material Saturado Superficialmente seco (en el agua)	(g)	1047.10	1131.30	
Volumen de Masa + Volumen de Vacíos	(cm3)	600.60	645.90	
Peso de Material Seco	(g)	1632.80	1762.50	
Volumen de Masa	(cm3)	585.70	631.20	
P.E Bulk (base seca)	(g/cm3)	2.72	2.73	2.724
P.E Bulk (base saturada)	(g/cm3)	2.74	2.75	2.747
P.E Aparente (base seca)	(g/cm3)	2.79	2.79	2.790
Absorción	(%)	0.91	0.83	0.870

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
2.- Metodo de ensayo utilizado ASTM C 127.

REVISADO POR:	
Jefe de Laboratorio	
Firma	

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del Usuario.
JORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 8 Análisis Granulométrico Piedra Chancada <3/4"



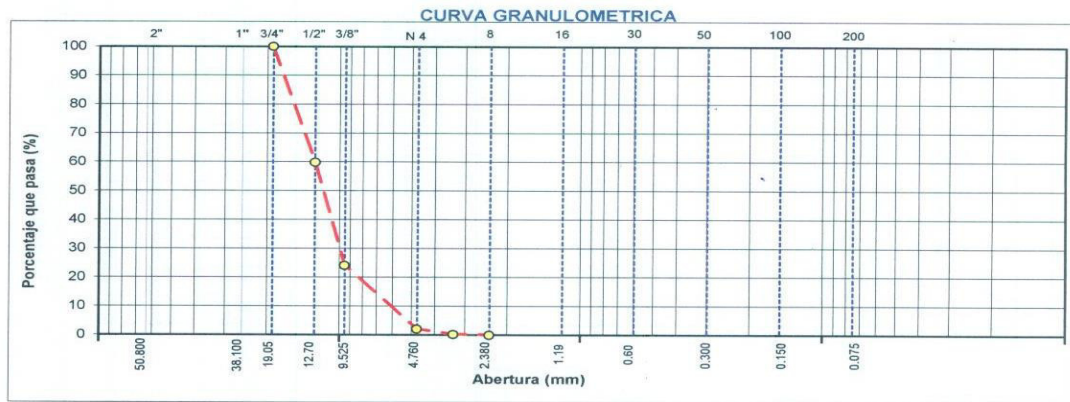
USMP
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

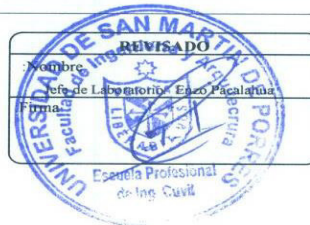
LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E 204, ASTM C-136, AASHTO T-27)

DATOS DE LA MUESTRA							
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS			TAMAÑO MÁXIMO: 3/4 "			
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA			FECHA : 04/05/2018			
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO			HECHO POR : CAHUANA/LIMAS			
MUESTREO	PIEDRA CHANCADA <3/4 "			PESO INICIAL SECO: 7521.1 g			
TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 "	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.0		
1/2"	12.700	3017.7	40.1	40.1	59.9		
3/8"	9.525	2685.8	35.7	75.8	24.2		
Nº 4	4.760	1658.8	22.1	97.9	2.1		
Nº 6	3.360	138.8	1.8	99.7	0.3		
Nº 8	2.380	20.0	0.3	100.0	0.0		
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590						
Nº 40	0.426						
Nº 50	0.297						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.149						
Nº 200	0.074						
FONDO							



Observaciones:



Anexo 9 Análisis Granulométrico Confitillo <1/2"



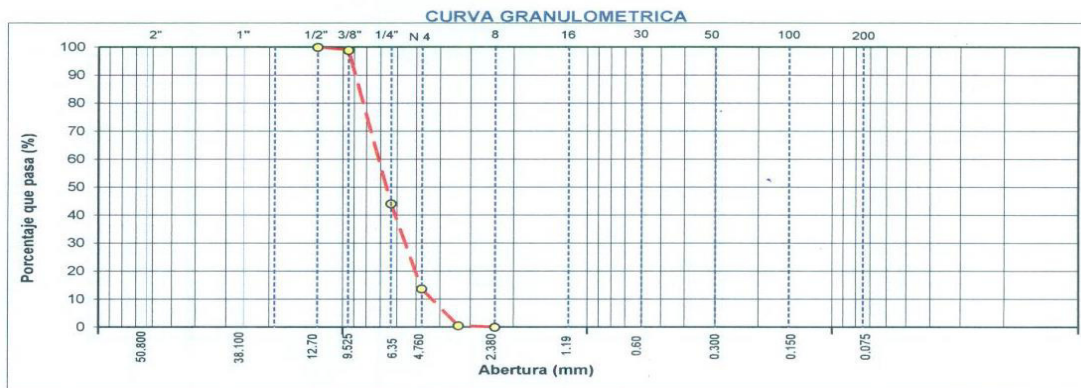
USMP
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E 204, ASTM C-136, AASHTO T-27)

DATOS DE LA MUESTRA							
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS			TAMAÑO MÁXIMO: 1/2"			
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA			FECHA : 04/05/2018			
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO			HECHO POR : CAHUANA/LIMAS			
MUESTREO	CONFITILLO <1/2 "			PESO INICIAL SECO: 3522.7 g			
TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 "	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
1/2"	12.700				100.0		
3/8"	9.525	39.7	1.1	1.1	98.9		
1/4"	6.350	1927.3	54.7	55.8	44.2		
Nº 4	4.760	1070.6	30.4	86.2	13.8		
Nº 6	3.360	466.0	13.2	99.5	0.5		
Nº 8	2.380	19.1	0.5	100.0	0.0		
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590						
Nº 40	0.426						
Nº 50	0.297						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.149						
Nº 200	0.074						
FONDO							



Observaciones:



Anexo 10 Análisis Granulométrico mezcla de Agregado Grueso



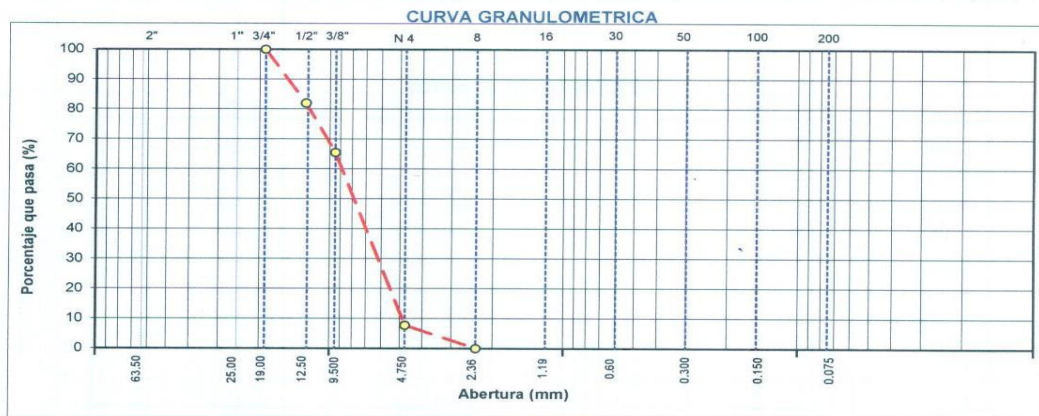
USMP
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NORMA MTC E 204, ASTM C-136, AASHTO T-27)

DATOS DE LA MUESTRA								
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS			TAMAÑO MÁXIMO:	1/2"			
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA			FECHA	04/05/2018			
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO			HECHO POR	CAHUANA/LIMAS			
MUESTREO	MEZCLA DE PIEDRAS			PESO INICIAL SECO:	7521.5 g			
TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
1 1/2"	37.500							
1"	25.400							
3/4"	19.000				100.0			
1/2"	12.700	1348.8	17.9	17.9	82.1			
3/8"	9.500	1247.5	16.6	34.5	65.5			
Nº 4	4.750	4343.3	57.7	92.3	7.7			
Nº 8	2.360	581.9	7.7	100.0	0.0			
Nº 16	1.190							
Nº 30	0.600							
Nº 50	0.300							
Nº 100	0.150							
Nº 200	0.075							
FONDO								
							Peso Total	7521.5



Observaciones:

REVISADO
:Nombre Jefe de Laboratorio: Enzo Pacalghua
:Firma



Anexo 11 Equivalente de Arena



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA EN SUELOS Y AGREGADOS FINOS

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	50 kg. aprox.
MUESTREO	MEZCLAS DE ARENAS		

N° DE ENSAYO	1	2	3
Hora de entrada a saturación	03:25:00 p.m	03:30:00 p.m	03:35:00 p.m
hora de salida de saturación	03:35:00 p.m.	03:40:00 p.m.	03:45:00 p.m.
Hora de entrada a decantación	03:38:00 p.m.	03:43:00 p.m.	03:48:00 p.m.
Hora de salida a decantación	03:58:00 p.m	04:03:00 p.m	04:08:00 p.m
Altura máxima de material fino (pulg.)	4.90	4.90	4.90
Altura máxima de la arena (pulg.)	3.30	3.40	3.30
Equivalente de Arena (%)	68.00	70.00	68.00

Promedio Equivalente de Arena (%)	69.00
--	--------------

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
2.- Metodo de ensayo utilizado ASTM D - 2419.

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO MYB

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 12 Angularidad del Agregado Fino



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	50 kg. aprox.
MUESTREO	MEZCLAS DE ARENAS		

N° DE ENSAYO	MUESTRA		PROMEDIO
	1	2	
Peso del agregado fino + cilindro	345.60	345.00	
Peso del cilindro	186.30	186.30	
Peso del agregado fino	159.30	158.70	
Volumen del cilindro	100.00	100.00	
Gravedad específica del agregado fino	2.71	2.71	
Vacios no compactadas	41.30	41.50	

GRAVEDAD ESPECÍFICA AGREGADO FINO		ENSAYO
		1
Peso Material Saturado Superficialmente seco (en el aire)	(g)	500.00
Peso de fiola	(g)	164.70
Peso de fiola + material	(g)	664.71
Peso de Material + Fiola + Agua	(g)	982.20
Peso de Agua	(g)	317.50
Peso de Material Seco	(g)	495.40
Volumen de Masa	(cm3)	182.50
P.E Bulk (base seca)	(g/cm3)	2.71
P.E Bulk (base saturada)	(g/cm3)	2.74
P.E Aparente (base seca)	(g/cm3)	2.79
Absorción	(%)	0.93

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
 2.- Metodo de ensayo utilizado ASTM C - 1252.

REVISADO POR:

Jefe de Laboratorio

Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO MYB

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 13 Azul de Metileno



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN RAPIDA DEL VALOR DEL AZUL DE METILENO EN LOS AGREGADOS FINOS O MINERAL DE RELLENO

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	: 04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	: CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	: 50 kg. aprox.
MUESTREO	MEZCLA DE ARENAS		

ENSAYO	VALOR DE AZUL METILENO (mg/g)
CANTERA LA GLORIA	6.50

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
 2.- Metodo de ensayo utilizado AASHTO TP 57.

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO MYB

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 14 Índice de Plasticidad (Malla N° 40)

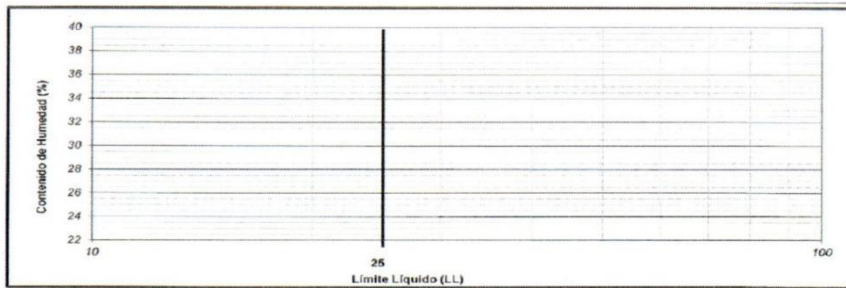


LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	50 kg.aprox.
MUESTREO	MEZCLA DE ARENAS		

Límite Líquido (LL) - Método A				RESULTADOS
Número de golpes		A	B	
Tara				Límite líquido (LL) NP
Peso del suelo húmedo + Tara (g)				Límite Plástico (LP) NP
Peso del suelo seco + Tara (g)				Índice de Plasticidad (IP) NP
Peso de Tara (g)				
Peso de agua (g)				
Peso del suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				
Límite Plástico (LP)				
Tara		D	E	
Peso del suelo húmedo + Tara (g)				
Peso del suelo seco + Tara (g)				
Peso de Tara (g)				
Peso de agua (g)				
Peso del suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				



Observaciones:

- 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
- 2.- Metodo de ensayo utilizado ASTM D 4318.
- 3.- Se realizó con material pasante en la malla N° 40

REVISADO POR:	
Jefe de Laboratorio	
Firma	

JHORDAN MEDINA BUENO

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 15 Índice de Durabilidad



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

DATOS DE LA MUESTRA				
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	:	04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	:	CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	:	50 kg. aprox.
MUESTREO	MEZCLA DE ARENAS			

ÍNDICE DE DURABILIDAD	MUESTRA		PROMEDIO
	1	2	
Tamaño máximo (pasante malla N° 4) (mm.)	4.76	4.76	
Hora de inicio de saturación	14:00	14:13	
Hora de temino de saturación (duración: 10 min)	14:10	14:23	
Hora de inicio de agitado	14:10	14:23	
Hora de termino de agitado (duración: 10 min)	14:20	14:33	
Hora de inicio de decantación	14:21	14:34	
Hora de termino de decantación (duración: 20 min)	14:41	14:54	
Altura máxima de material fino (mm.)	5.75	5.60	
Altura máxima de arena (mm.)	3.30	3.2	
Índice de Durabilidad (%)	57.4	57.1	

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
 2.- Norma Utilizada ASTM C3744.

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO MYB

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 16 Índice de Plasticidad (Malla N° 200)

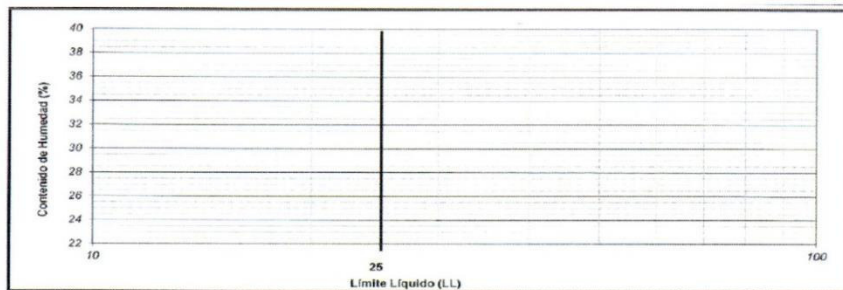


LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P) E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	50 kg aprox c/u
MUESTREO	MEZCLA DE ARENAS		

Límite Líquido (LL) - Método A				RESULTADOS
Número de golpes		A	B	
Tara				Límite líquido (LL) NP Límite Plástico (LP) NP Índice de Plasticidad (IP) NP
Peso del suelo húmedo + Tara (g)				
Peso del suelo seco + Tara (g)				
Peso de Tara (g)				
Peso de agua (g)				
Peso del suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				
Límite Plástico (LP)				
Tara		D	E	
Peso del suelo húmedo + Tara (g)				
Peso del suelo seco + Tara (g)				
Peso de Tara (g)				
Peso de agua (g)				
Peso del suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				



Observaciones:

- 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
- 2.- Metodo de ensayo utilizado ASTM D 4318.
- 3.- Se realizó con material pasante en la malla N° 200

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 17 Sales Solubles Totales Agregado Fino



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES EN AGREGADOS FINOS

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	: 0405/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	: CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	: 50 kg. aprox.
MUESTREO	MEZCLA DE ARENAS		

MUESTRA	SALES SOLUBLES TOTALES
CANTERA LA GLORIA	0.50%

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante
 2.- Metodo de ensayo utilizado MTC E 219.

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 18 Absorción Agregado Fino



LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS	FECHA	04/05/2018
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA	HECHO POR	CAHUANA/LIMAS
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	CANTIDAD	50 kg.aprox.
MUESTREO	MEZCLA DE ARENAS		

AGREGADO FINO	ENSAYOS		PROMEDIO
	1	2	
Peso Material Saturado Superficialmente seco (en el aire) (g)	500.00	500.00	
Peso de Fiola (g)	170.60	170.60	
Peso de Fiola + Material (g)	670.63	670.63	
Peso de Material + Fiola + Agua (g)	987.90	987.90	
Peso del Agua (g)	317.30	317.30	
Peso de Material Seco (g)	495.00	495.00	
Volumen de Masa (cm ³)	182.70	182.70	
P.E Bulk (base seca) (g/cm ³)	2.71	2.71	2.709
P.E Bulk (base saturada) (g/cm ³)	2.74	2.74	2.736
P.E Aparente (base seca) (g/cm ³)	2.79	2.79	2.785
Absorción (%)	1.00	1.00	1.000

Observaciones: 1.- Muestra tomada e indicada por el solicitante

2.- Metodo de ensayo utilizado ASTM C 128.

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO MYB

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 19 Análisis Granulométrico Arena Chancada



USMP
SAN MARTÍN DE PORRES

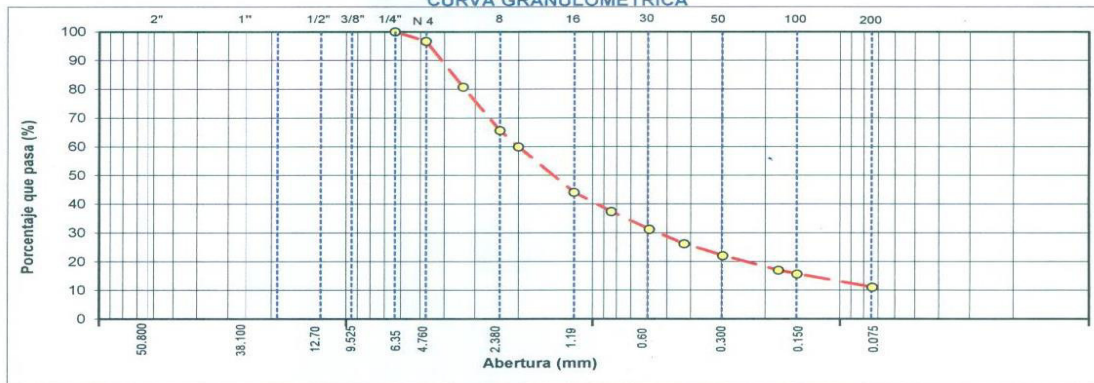
FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E 204, ASTM C-136, AASHTO T-27)

DATOS DE LA MUESTRA							
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS			TAMAÑO MÁXIMO: 1/4"			
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA			FECHA : 04/05/2018			
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO			HECHO POR : CAHUANA/LIMAS			
MUESTREO	ARENA CHANCADA			PESO INICIAL SECO: 973.8 g			
TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0		
Nº 4	4.760	31.8	3.3	3.3	96.7		
Nº 6	3.360	155.1	15.9	19.2	80.8		
Nº 8	2.380	146.7	15.1	34.3	65.7		
Nº 10	2.000	56.1	5.8	40.0	60.0		
Nº 16	1.190	154.7	15.9	55.9	44.1		
Nº 20	0.840	65.2	6.7	62.6	37.4		
Nº 30	0.590	59.9	6.2	68.8	31.2		
Nº 40	0.426	49.2	5.1	73.8	26.2		
Nº 50	0.297	40.0	4.1	77.9	22.1		
Nº 80	0.177	49.4	5.1	83.0	17.0		
Nº 100	0.149	13.1	1.3	84.3	15.7		
Nº 200	0.074	44.8	4.6	88.9	11.1		
FONDO		107.8	11.1	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:



Anexo 20 Análisis Granulométrico Arena Procesada



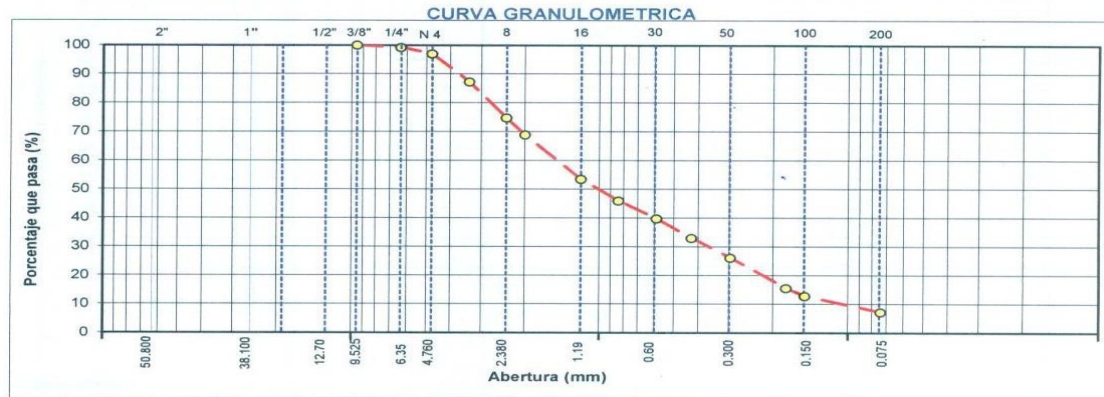
USMP
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E 204, ASTM C-136, AASHTO T-27)

DATOS DE LA MUESTRA							
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS			TAMAÑO MÁXIMO 3/8"			
CANtera	LA GLORIA - SANTA CLARA			FECHA : 04/05/2018			
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO			HECHO POR : CAHUANA/ALIMAS			
MUESTREO	ARENA PROCESADA			PESO INICIAL SECO : 1087.7 g			
TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525		0.0	0.0	100.0		
1/4"	6.350	8.6	0.8	0.8	99.2		
Nº 4	4.760	24.1	2.2	3.0	97.0		
Nº 6	3.360	106.4	9.8	12.8	87.2		
Nº 8	2.380	135.5	12.5	25.2	74.8		
Nº 10	2.000	63.6	5.8	31.1	68.9		
Nº 16	1.190	167.6	15.4	46.5	53.5		
Nº 20	0.840	81.7	7.5	54.0	46.0		
Nº 30	0.590	68.4	6.3	60.3	39.7		
Nº 40	0.426	73.9	6.8	67.1	32.9		
Nº 50	0.297	73.6	6.8	73.9	26.1		
Nº 80	0.177	115.0	10.6	84.4	15.6		
Nº 100	0.149	30.4	2.8	87.2	12.8		
Nº 200	0.074	60.2	5.5	92.8	7.2		
FONDO		78.7	7.2	100.0	0.0		



Observaciones:



Anexo 21 Análisis Granulométrico mezcla de Agregados Finos



FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

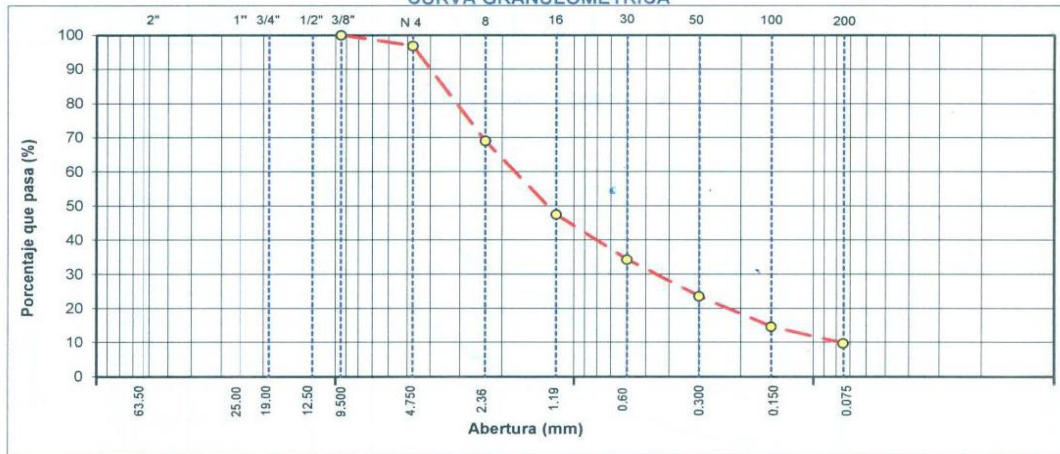
LABORATORIO DE MEÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO (NORMA MTC E 204, ASTM C-136, AASHTO T-27)

DATOS DE LA MUESTRA

TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO(g)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1 1/2"	37.500						
1"	25.400						
3/4"	19.000						Pesos de Muestra
1/2"	12.700						Peso Total : 950.6 g
3/8"	9.500				100.0		Peso Lavado : 858.7 g
Nº 4	4.750	30.2	3.2	3.2	96.8		
Nº 8	2.360	264.4	27.8	31.0	69.0		
Nº 16	1.190	204.5	21.5	52.5	47.5		
Nº 30	0.600	125.4	13.2	65.7	34.3		
Nº 50	0.300	102.3	10.8	76.5	23.5		
Nº 100	0.150	85.0	8.9	85.4	14.6		
Nº 200	0.075	46.9	4.9	90.3	9.7		
FONDO		91.9	9.7	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:



Anexo 22 Análisis Granulométrico mezcla de Agregados



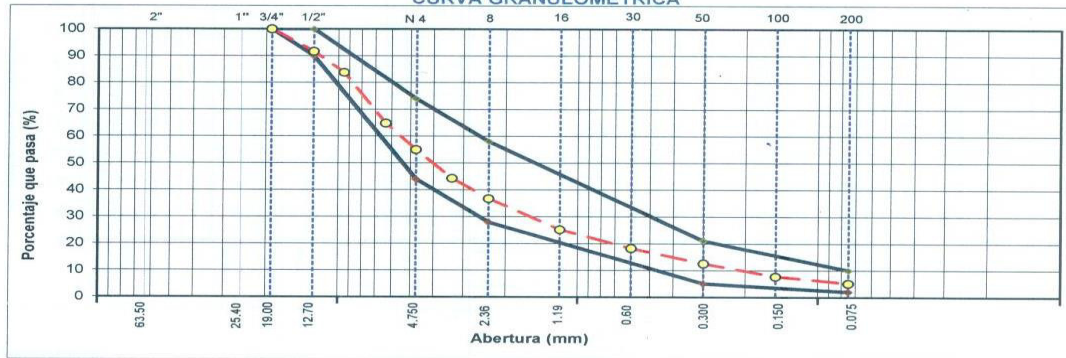
USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DATOS DE LA MUESTRA						
ESTRUCTURA	PAVIMENTOS		FECHA	:	04/05/2018	
CANTERA	LA GLORIA - SANTA CLARA		HECHO POR	:	CAHUANA/LIMAS	
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO		CANTIDAD	:	50 kg	
MUESTREO	MEZCLA DE AGREGADOS					
COMBINACIÓN TEORICA DE AGREGADOS GRUESO Y FINO						
MALLAS		GRADACIÓN			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ASTM D3615 D-5	
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000			100.0	100	100
1/2"	12.700	8.4	8.4	91.6	90	100
3/8"	9.500	7.8	16.2	83.8		
1/4"	6.350	19.0	35.2	64.8		
Nº 4	4.750	9.8	45.0	55.0	44	74
Nº 6	3.360	10.7	55.7	44.3		
Nº 8	2.360	7.6	63.3	36.7	28	58
Nº 10	2.000	3.1	66.4	33.6		
Nº 16	1.190	8.3	74.8	25.2		
Nº 20	0.840	3.7	78.5	21.5		
Nº 30	0.600	3.3	81.8	18.2		
Nº 40	0.426	3.0	84.8	15.2		
Nº 50	0.300	2.7	87.5	12.5	5	21
Nº 80	0.177	3.8	91.3	8.7		
Nº 100	0.150	1.0	92.3	7.7		
Nº 200	0.075	2.6	94.9	5.1	2	10
FONDO	ASTM C-117	5.1	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:



Anexo 23 Ensayo Marshall Convencional (5.0 % y 5.5 %)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO MARSHALL

(NORMA MTC E 504, ASTM D1559, AASTHO T245)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA:	PAVIMENTOS	MUESTRA:	AGREGADOS
ELEMENTO:	CONVENCIONAL	FECHA:	21/05/2018
CANTERA:	LA GLORIA	CA %	5.00% 5.50%

	Numero de Briquetas	N	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00		5.50	5.50	5.50	
2	% A. Grueso Peso de la Mezcla	%	47.88	47.88	47.88		47.63	47.63	47.63	
3	% A. Fino en Peso de la Mezcla	%	41.04	41.04	41.04		40.82	40.82	40.82	
4	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.016	1.016	1.016		1.016	1.016	1.016	
5	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso	gr/cc.	2.661	2.661	2.661		2.661	2.661	2.661	
6	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.655	2.655	2.655	2.658	2.655	2.655	2.655	2.658
7	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1229.2	1231.2	1231.8		1230.0	1230.5	1230.3	
8	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1231.9	1235.6	1234.5		1231.8	1232.0	1232.8	
9	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	712.7	711.2	710.1		715.5	718.1	719.1	
10	Volumen de la Briqueta (cm3)	c.c.	519.2	524.4	524.4		516.3	513.9	513.7	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc.	2.367	2.348	2.349	2.355	2.382	2.394	2.395	2.391
12	Peso Unitario de la Briqueta a 25°C (g/cm) - ASTM D2726	kg/cc.	2.352	2.354	2.354	2.353	2.38	2.38	2.38	2.380
13	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.483	2.483	2.483		2.471	2.471	2.471	
14	% de Vacios - ASTM D3203	%	5.30	6.06	6.04	5.8	4.40	3.92	3.89	4.1
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.661	2.661	2.661		2.661	2.661	2.661	
16	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	15.47	16.18	16.14	15.9	15.39	14.96	14.94	15.1
17	% Vacios Llenados con C.A	%	10.17	10.09	10.09		11.00	11.06	11.06	
18	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.704	2.704	2.704		2.704	2.704	2.704	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total	%	0.500	0.500	0.500		0.500	0.500	0.500	
20	% Asfalto Efectivo	%	4.42	4.42	4.42		4.92	4.92	4.92	
21	Fluencia	mm.	12.00	11.70	12.30	12.00	13.30	13.40	13.20	13.30
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1259	1310	1312		1360	1360	1360	
23	Factor de Estabilidad		1.00	0.96	0.96		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1259	1258	1260	1259	1360	1360	1360	1360

OBSERVACIONES :

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio: Jhordan Medina Bueno
Firma: 

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 24 Ensayo Marshall Convencional (6.0 % y 6.5 %)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO MARSHALL

(NORMA MTC E 504, ASTM D1559, AASTHO T245)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA:	PAVIMENTOS	MUESTRA:	AGREGADOS
ELEMENTO:	CONVENCIONAL	FECHA:	21/05/2018
CANTERA:	LA GLORIA	CA %	6.00% 6.50%

	Numero de Briquetas	N	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		6.50	6.50	6.50	
2	% A. Grueso Peso de la Mezcla	%	47.38	47.38	47.38		47.12	47.12	47.12	
3	% A. Fino en Peso de la Mezcla	%	40.61	40.61	40.61		40.39	40.39	40.39	
4	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.016	1.016	1.016		1.016	1.016	1.016	
5	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso	gr/cc.	2.661	2.661	2.661		1.016	1.016	1.016	
6	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.746	2.746	2.746	2.704	2.746	2.746	2.746	2.704
7	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1230.0	1228.4	1228.7		1224.5	1226.9	1228.6	
8	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1230.6	1229.6	1230.4		1226.0	1227.9	1229.7	
9	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	717.2	714.0	714.6		711.5	713.3	715.4	
10	Volumen de la Briqueta (cm3)	c.c.	513.4	515.6	515.8		514.5	514.6	514.3	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc.	2.396	2.382	2.382	2.387	2.380	2.384	2.389	2.384
12	Peso Unitario de la Briqueta a 25°C (g/cm) - ASTM D2726	kg/cc.	2.378	2.378	2.378		2.367	2.367	2.367	
13	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.455	2.455	2.455		2.435	2.435	2.435	
14	% de Vacios - ASTM D3203	%	2.41	2.95	2.97	2.8	2.26	2.09	1.89	2.1
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.661	2.661	2.661		2.661	2.661	2.661	
16	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	15.36	15.83	15.85	15.7	16.37	16.22	16.06	16.2
17	% Vacios Llenados con C.A	%	12.95	12.88	12.88		16.37	16.22	16.06	
18	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.704	2.704	2.704		14.110	14.130	14.160	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total	%	0.500	0.607	0.500		0.500	0.500	0.500	
20	% Asfalto Efectivo	%	5.42	5.42	5.42		5.93	5.93	5.93	
21	Fluencia	mm.	13.70	13.70	13.70	13.70	15.00	16.00	14.00	15.00
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1356	1356	1356		1311	1311	1311	
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1356	1356	1356	1356	1311	1311	1311	1311

OBSERVACIONES :

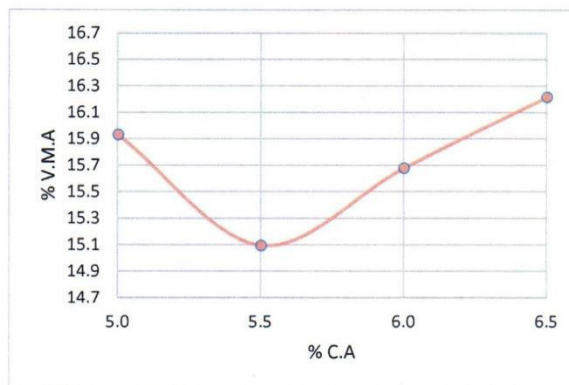
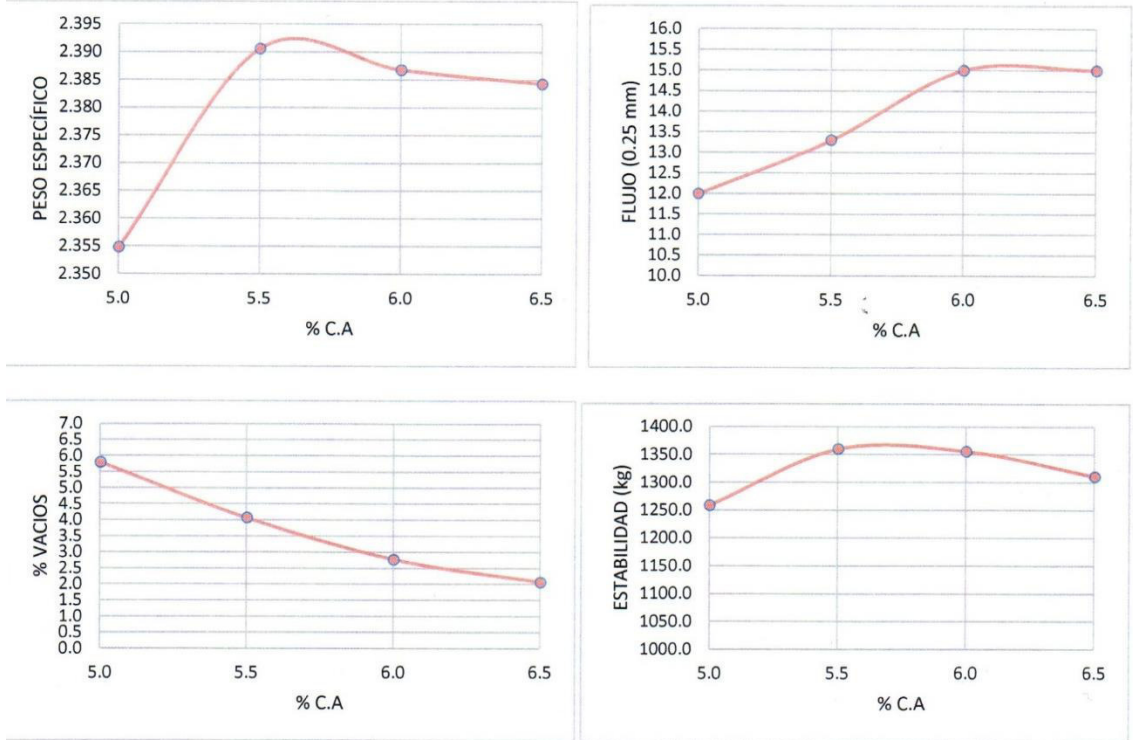
REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno
Firma: 

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario
JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 25 Gráfica Método Marshall Convencional



DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLA ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6929 / ASTM D 6927) MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL



:REVISADO POR	
Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno	
Firma	

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Anexo 26 Máxima Gravedad Específica Convencional

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



MÁXIMA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE MEZCLAS BUTUMINOSAS

(NORMA MTC E 508, ASTM D2041, AASTHO T209)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA:	PAVIMENTOS	MUESTRA:	AGREGADOS
ELEMENTO:	CONVENCIONAL	FECHA:	21/05/2018
CANTERA:	LA GLORIA		

ENSAYO	N°	1	2	3	4
CEMENTO ASFALTICO	%	5.00	5.50	6.00	6.50
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1500.0	1500.0	1500.0	1500
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	5772.0	5772.0	5772.0	5772.0
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	7272.0	7272.0	7272.0	7272
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	6668.0	6665.0	6659.0	6654.0
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	604.0	607.0	613.0	618.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.483	2.471	2.447	2.427
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	20'	20'	20'	20'
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000

OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno
Firma:

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M.Y.B.

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del Usuario.

Anexo 27 Ensayo Inmersión - Compresión

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO DE INMERSION - COMPRESION (Mezclas Asfálticas)

MTC E 518

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
DISEÑO :	CONVENCIONAL	FECHA :	21/05/2018
CANTERA :	LA GLORIA	ADITIVO:	NINGUNO

DENOMINACIÓN		ESPECÍMENES DE PRUEBA							
		INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24H				INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 25° C POR 24H			
		1	2	3	PROMEDIO	1	2	3	PROMEDIO
DIAMETRO	cm	10.33	10.32	10.33	10.33	10.32	10.30	10.32	10.31
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	10.40	10.40	10.40	10.40	10.47	10.41	10.44	10.44
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1988.2	1987.8	1987.2	1987.7	1988.1	1979.9	1981.2	1983.1
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	gr.	1994.7	1993.4	1994.6	1994.2	1994.5	1984.4	1990.6	1989.8
PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr.	1143.3	1140.6	1143.5	1142.47	1138.9	1133.1	1136.1	1136.0
VOLUMEN DE LA BRIQUETA	c.c.	851.4	852.8	851.1	851.77	855.6	851.3	852.5	853.1
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (MTC E 506)	gr/c.c.	2.335	2.331	2.335	2.334	2.324	2.326	2.324	2.325
PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO (MTC E 508)	gr/c.c.	2.492				2.492			
VACIOS DE AIRE (MTC E 505)	%	6.3	6.5	6.3	6.40	6.8	6.7	6.7	6.73
CARGA MÁXIMA	kg	2004.2	2005.0	2005.1	2004.8	2226.1	2241.8	2235.9	2234.6
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	Kg/cm	33.6	33.2	34.9	33.9	29.0	32.0	28.8	29.9
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	Mpa	3.36	3.32	3.49	3.39	2.90	3.20	2.88	2.99

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)		
DENOMINACIÓN	INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24 H.	BAÑO DE AIRE A 25° C POR 24 H.
PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)	3.39	2.99
ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)	88.5	

OBSERVACIONES:

REVISADO
Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno
Firma:

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 28 Ensayo Marshall Modificado (5.0 % y 5.5 %)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO MARSHALL

(NORMA MTC E 504, ASTM D6926, AASTHO T245)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA:	PAVIMENTOS	MUESTRA:	AGREGADOS
ELEMENTO:	BETUTEC IC + ADITIVO WARMIX	FECHA:	21/05/2018
CANTERA:	LA GLORIA	CA %	5.00% 5.50%

Numero de Briquetas	N	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
1 % C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00		5.50	5.50	5.50	
2 % A. Grueso Peso de la Mezcla	%	44.65	44.65	44.65		44.42	44.42	44.42	
3 % A. Fino en Peso de la Mezcla	%	50.35	50.35	50.35		50.09	50.09	50.09	
4 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019		1.019	1.019	1.019	
5 Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso	gr/cc.	2.724	2.724	2.724		2.724	2.724	2.724	
6 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.709	2.709	2.709	2.709	2.709	2.709	2.709	2.709
7 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1137.5	1167.2	1165.6		1151.9	1148.2	1150.2	
8 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1140.5	1170.3	1168.5		1155.3	1151.2	1152.6	
9 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	669.4	687.3	685.9		680.3	679.2	678.2	
10 Volumen de la Briqueta (cm3)	c.c.	471.1	483.0	482.6		475.0	472.0	474.4	
11 Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc.	2.415	2.417	2.415	2.416	2.425	2.433	2.425	2.428
12 Peso Unitario de la Briqueta a 25°C (g/cm) - ASTM D2726	kg/cc.	2.408	2.410	2.408		2.418	2.423	2.418	
13 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.535	2.535	2.535		2.515	2.515	2.515	
14 % de Vacios - ASTM D3203	%	4.70	4.70	4.50	4.63	3.00	3.20	3.10	3.10
15 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.714	2.714	2.714		2.714	2.714	2.714	
16 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	15.5	15.5	15.5	15.5	15.3	15.6	15.1	15.5
17 % Vacios Llenados con C.A		69.70	69.70	69.70	69.7	76.90	78.40	76.90	77.4
18 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.750	2.750	2.750		2.750	2.750	2.750	
19 Asfalto Absorbido por el Agregado Total	%	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	
20 % Asfalto Efectivo	%	4.55	4.55	4.55		5.07	5.07	5.07	
21 Fluencia	mm.	12.00	13.00	13.00	12.67	13.00	14.00	14.00	13.67
22 Estabilidad sin Corregir	kg	1496	1454	1560		1581	1560	1517	
23 Factor de Estabilidad		1.14	1.09	1.09		1.14	1.14	1.14	
24 Estabilidad Corregida	kg	1705	1585	1700	1664	1802	1778	1729	1770

OBSERVACIONES :

REVISADO POR:
Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno
Firma

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 29 Ensayo Marshall Modificado (6.0 % y 6.5 %)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO MARSHALL

(NORMA MTC E 504, ASTM D6926, AASTHO T245)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA:	PAVIMENTOS	MUESTRA:	AGREGADOS
ELEMENTO:	BETUTEC IC + ADITIVO WARMIX	FECHA:	21/05/2018
CANTERA:	LA GORIA	CA %	6.00% 6.50%

	Numero de Briquetas	N	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
1	% C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		6.50	6.50	6.50	
2	% A. Grueso Peso de la Mezcla	%	44.18	44.18	44.18		43.95	43.95	43.95	
3	% A. Fino en Peso de la Mezcla	%	49.84	49.82	49.82		49.56	49.56	49.56	
4	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019		1.019	1.019	1.019	
5	Peso Especifico Bulk del Agregado Grueso	gr/cc.	2.724	2.724	2.724		2.724	2.724	2.724	
6	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.709	2.709	2.709	2.717	2.709	2.709	2.709	2.704
7	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1135.2	1151.0	1132.2		1151.1	1118.0	1140.2	
8	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1138.5	1154.0	1135.5		1152.6	1119.3	1142.0	
9	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	673.0	681.3	670.5		680.8	661.8	675.7	
10	Volumen de la Briqueta (cm3)	c.c.	465.3	472.7	465.0		471.8	457.5	466.3	
11	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc.	2.440	2.435	2.435	2.437	2.440	2.444	2.445	2.443
12	Peso Unitario de la Briqueta a 25°C (g/cm) - ASTM D2726	kg/cc.	2.433	2.428	2.428		2.433	2.437	2.438	
13	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.499	2.499	2.499		2.480	2.480	2.480	
14	% de Vacios - ASTM D3203	%	2.40	2.60	2.60	2.53	1.60	1.40	1.40	1.47
15	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.716	2.716	2.716		2.716	2.716	2.716	
16	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	15.60	15.70	15.70	15.7	16.00	15.90	15.80	15.9
17	% Vacios Llenados con C.A		84.60	83.40	83.40	83.8	90.00	91.20	91.10	90.8
18	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.755	2.755	2.755		2.754	2.754	2.754	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado Total	%	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	
20	% Asfalto Efectivo	%	5.50	5.50	5.50		6.01	6.01	6.01	
21	Fluencia	mm.	14.00	15.00	15.00	14.67	15.00	15.00	16.00	15.33
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1504	1496	1521		1373	1276	1284	
23	Factor de Estabilidad		1.19	1.14	1.19		1.14	1.19	1.19	
24	Estabilidad Corregida	kg	1790	1705	1810	1768	1565	1518	1528	1537

OBSERVACIONES :

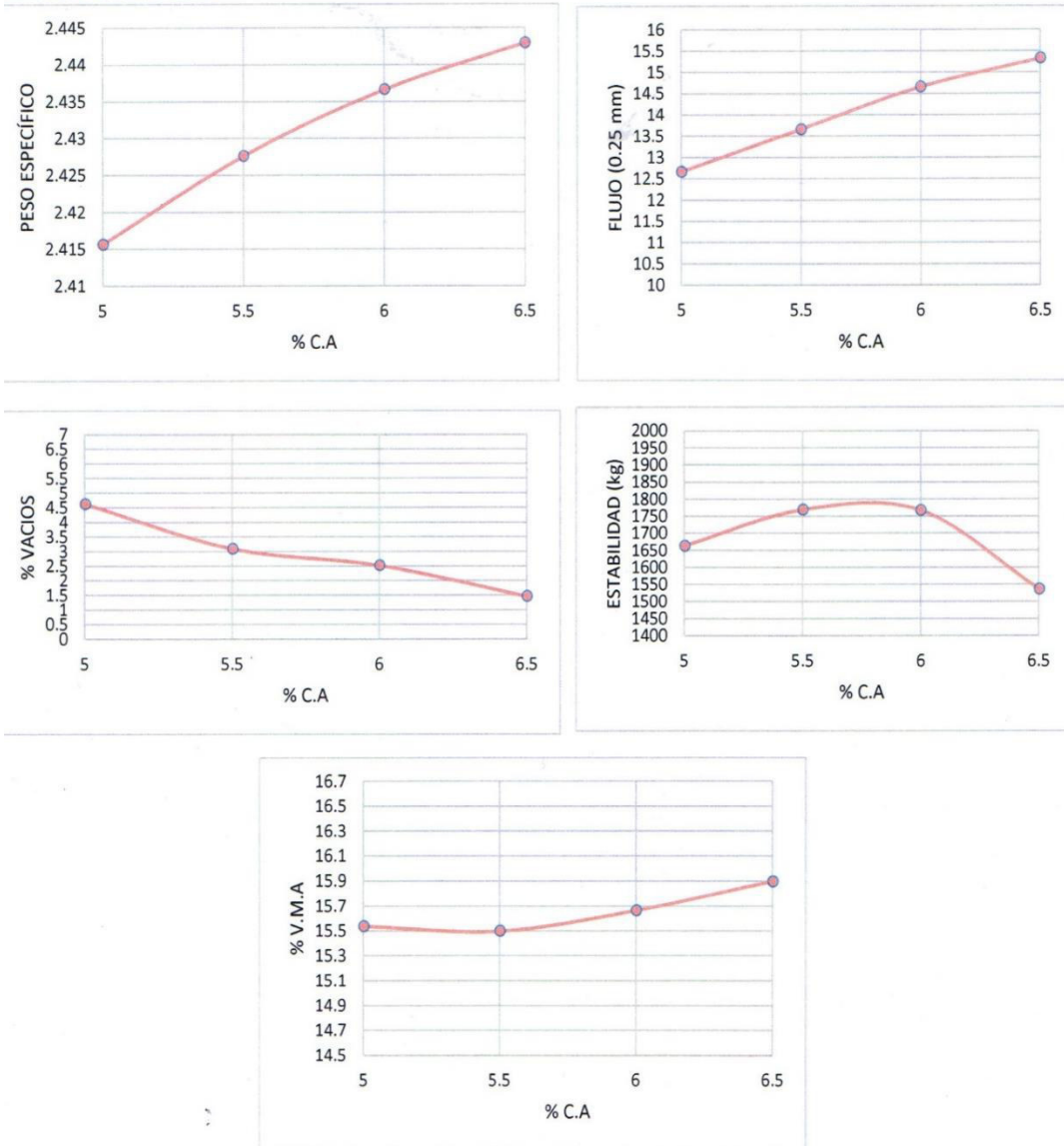
:REVISADO POR
:Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno
:Firma


El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario
JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 30 Gráfica Método Marshall Modificado



DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLA ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6929 / ASTM D 6927) MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA



:REVISADO POR	
Jefe de Laboratorio	
Jhordan Medina Bueno	
Firma	
 JHORDAN MEDINA BUENO JEFE LABORATORIO M Y B	

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del Usuario

Anexo 31 Máxima Gravedad Específica Modificada

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



MÁXIMA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE MEZCLAS BUTUMINOSAS (NORMA MTC E 508, ASTM D2041, AASTHO T209)

DATOS DE LA MUESTRA			
ESTRUCTURA:	PAVIMENTOS	MUESTRA:	AGREGADOS
ELEMENTO:	BETUTEC IC + WARMIX	FECHA:	21/05/2018
CANTERA:	LA GLORIA		

ENSAYO	Nº	1	2	3	4
CEMENTO ASFALTICO	%	5.00	5.50	6.00	6.50
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1500.0	1500.0	1500.0	1500
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	5772.0	5772.0	5772.0	5772.0
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	7300.0	7255.0	7300.0	7300
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	6708.4	6670.0	6661.0	6661.1
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	591.6	596.5	600.2	604.8
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.535	2.515	2.499	2.480
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	20'	20'	20'	20'
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000

2.535

OBSERVACIONES:

REVISADO
Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno
Firma:

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO MYB

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

Anexo 32 Ensayo Inmersión - Compresión Modificada

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO DE INMERSION - COMPRESION (Mezclas Asfálticas)

MTC E 518

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
DISEÑO :	BETUTEC IC + ADITIVO WARMIX	FECHA :	21/05/2018
CANTERA :	LA GLORIA	ADITIVO:	Warmix

DENOMINACIÓN	UNIDAD	ESPECÍMENES DE PRUEBA							
		INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24H				INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 25° C POR 24H			
		1	2	3	PROMEDIO	1	2	3	PROMEDIO
DIAMETRO	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	10.23	10.27	10.25	10.25	10.22	10.25	10.25	10.24
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	2003.9	2001.7	1999.6	2001.7	2007.7	2005.4	2003.0	2005.4
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	gr.	2004.6	2002.5	2000.1	2002.4	2008.6	2005.8	2003.5	2006.0
PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr.	1177.0	1174.0	1174.2	1175.07	1178.3	1176.5	1175.4	1176.7
VOLUMEN DE LA BRIQUETA	c.c.	827.6	828.5	825.9	827.29	830.3	829.3	828.1	829.2
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (MTC E 506)	gr/c.c.	2.421	2.416	2.421	2.420	2.418	2.418	2.419	2.418
PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO (MTC E 508)	gr/c.c.	2.524			2.524	2.524			2.524
VACIOS DE AIRE (MTC E 505)	%	4.1	4.3	4.1	4.16	4.2	4.2	4.2	4.20
CARGA MÁXIMA	kg	2010.3	2041.2	2036.4	2029.3	2226.1	2241.8	2235.9	2234.6
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	Kg/cm ²	24.8	25.2	25.1	25.0	27.5	27.7	27.6	27.6
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	Mpa	2.43	2.47	2.46	2.45	2.70	2.72	2.71	2.71

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)		
DENOMINACIÓN	INMERSIÓN EN BAÑO MARÍA A 60° C POR 24 H.	BAÑO DE AIRE A 25° C POR 24 H.
PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)	2.45	2.71
ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)	90.7	

OBSERVACIONES:

REVISADO
Jefe de Laboratorio Jhordan Medina Bueno
Firma:

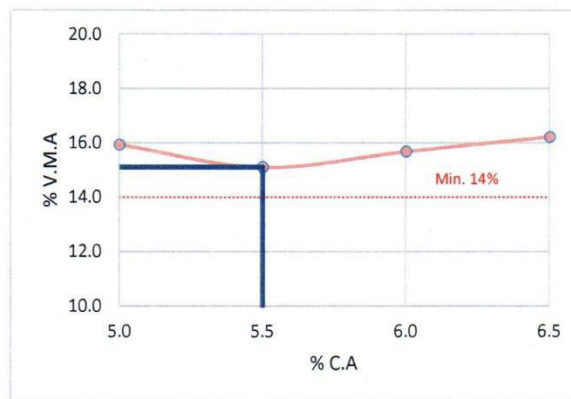
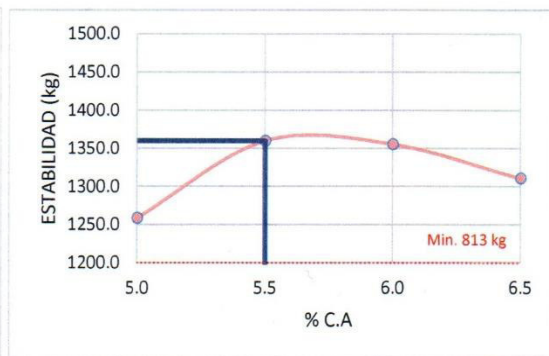
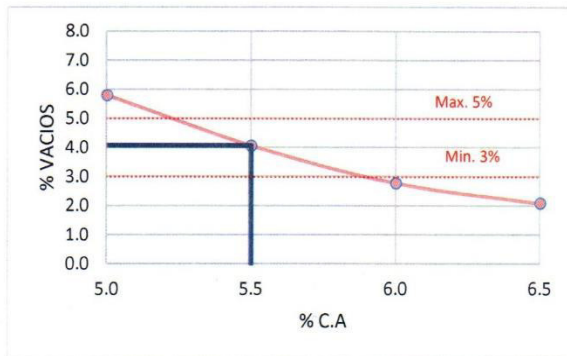
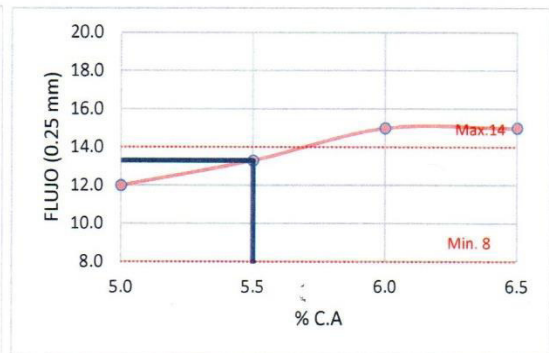
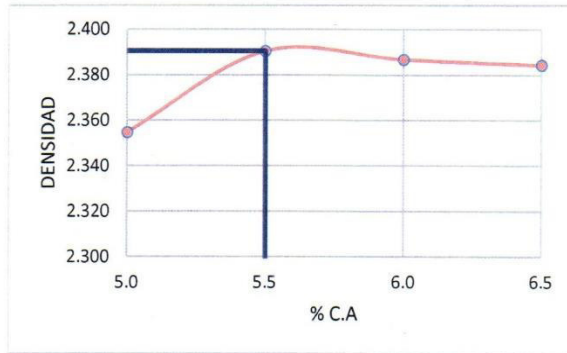
El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario

JHORDAN MEDINA BUENO
JEFE LABORATORIO M Y B

Anexo 33 Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto



DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLA ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6929 / ASTM D 6927) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO



REVISADO POR:	
Jefe de Laboratorio	Jhordan Medina Bueno
Firma	

JHORDAN MEDINA BUENO

El uso del contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Anexo 34 Certificado PEN 60/70



TDM ASFALTOS

ASFALTO SOLIDO PEN 60/70 PLUS INFORME DE ENSAYO N° 001-2017 ASFALTO PEN 60/70 PLUS

GUIA TDM ASFALTOS : 7608
 CLIENTE: OAS

REFERENCIAS
 TANQUE: 3 CINTILLO DE SEGURIDAD N°: 15213
 LOTE DE PRODUCCIÓN: 007- JUNIO 2017 15214
 CANTIDAD: 7546 GALONES APROX. 15215
 FECHA DE PRODUCCIÓN: 07/06/2017

ENSAYOS	METODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MINIMO	MAXIMO	
PENETRACION 5 s. 25 °C	D-5	dmm	60	70	65
PUNTO DE INFLAMACION	D-92	°C	232	-	292
GRAVEDAD ESPECIFICA 15.6/15.6°C	D-70		Reportar		1.022
DUCTILIDAD 25°C	D-113	cm	100	-	> 150
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	D-2042	%	99	-	99.6
VISCOSIDAD CINEMATICA 135°C	D-2170	cSt	200	-	597
EFEECTO DE CALOR Y AIRE (PELICULA FINA)	D-1754		MINIMO	MAXIMO	
PERDIDA POR CALENTAMIENTO	D-1754	%	-	0.6	0.2
PENETRACION RETENIDA % original	D-5		52	-	61
DUCTILIDAD 25°C	D-113	cm	50	-	53
INDICE DE PENETRACION			-1	1	-0.6
ADHERENCIA	D-3626		MINIMO	MAXIMO	
REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	D-3626	%	> 95	-	> 95

OBSERVACIONES: Los resultados corresponden solo a la muestra analizada
 La temperatura óptima de mezcla está entre 143-158°C.
 Se adjunta Hoja de Seguridad del Producto y Hoja Resumen Art. 54 D.S. N°021-2008-MTC
 CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: 1

Original: Cliente
 Copia 1: Area Técnica
 Copia 2: Producción
 Copia 3: Laboratorio

JOSILDO MELO
 GERENTE DE INGENIERIA
 Constructora OAS S.A.
 Sucursal del Perú
 Proyecto Linea Amarilla
 TDM ASFALTOS S.A.C.
 Hector Huapaya

Fecha de Emisión : lima, 07 de Junio del 2017

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

Henrique Vinicius Gandini Saltz
 Gerente de Ingeniería
 Constructora OAS S.A.
 Sucursal del Perú
 Proyecto Via Parque Rimac

ASF-R-TEC-77.V01



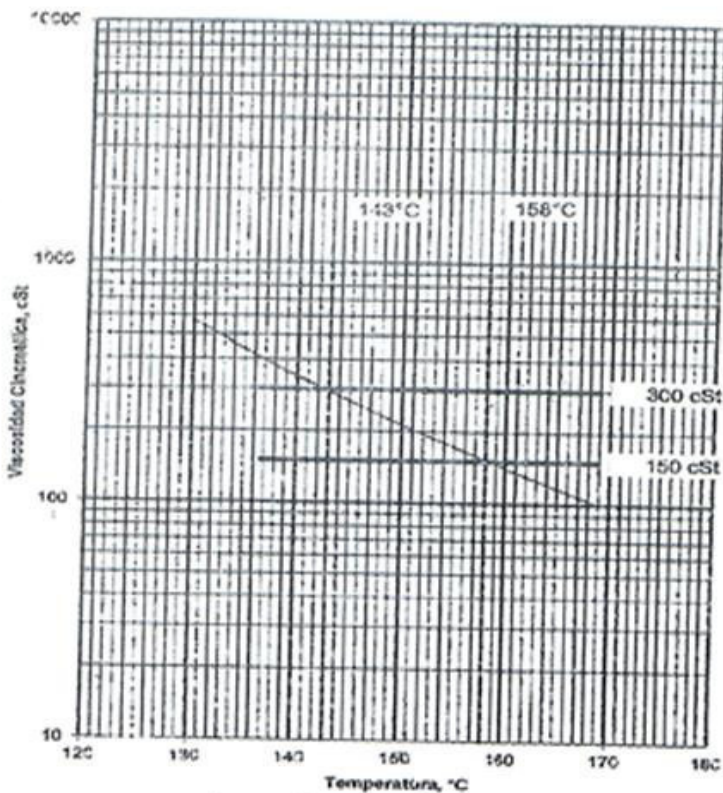
Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín
 Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

GRÁFICO DE TEMPERATURAS DE MEZCLA Y COMPACTACIÓN

PRODUCTO: PEN 60/70 PLUS

INFORME DE ENSAYO N° 001

FECHA: 07/06/2017



Josildo Meo
 JOSILDO MELO
 GERENTE DE INGENIERIA
 Constructora OAS S.A.
 Sucursal del Peru
 Proyecto Lima - Amarilla

Henrique Gandini Salto
 TDM ASFALTOS S.A.C.
 Mector Huapaya

Original: Cliente
 Copia 1: Area Tecnico
 Copia 2: Produccion
 Copia 3: Laboratorio

Henrique Gandini Salto
 Henrique Vinicius Gandini Salto
 Gerente de Ingenieria
 Constructora OAS S.A.
 Sucursal del Peru
 Proyecto Via Parque Rimac

ASF-R-TEC-77.V01

Anexo 35 Certificado de Betutec IC + aditivo Warmix



TDM ASFALTOS


BETUTEC IC WARM MIX INFORME DE ENSAYOS N° 016-2017 BETUTEC IC WARM MIX

GUIA TDM ASFALTOS :
 CLIENTE: LAMSAC

REFERENCIAS
 TANQUE: _____ CINTILLO DE SEGURIDAD N°: _____
 LOTE DE PRODUCCIÓN: _____
 CANTIDAD: 3 GALON
 FECHA DE PRODUCCIÓN: 01/07/2017

ENSAYOS	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
PENETRACIÓN 5 s, 25 °C	D-5	dmm	50	75	62
VISCOSIDAD ABSOLUTA 60°C	D-2171	Po	5000	--	101175
VISCOSIDAD CINEMATICA 135°C	D-2170	cSt	--	3000	1429
PUNTO DE INFLAMACIÓN	D-92	°C	232	--	296
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	D-2042	%	99	--	99.58
VISCOSIDAD BROOKFIELD 135 °C	D-4402	cP	--	--	1430
VISCOSIDAD BROOKFIELD 145 °C	D-4402	cP	--	--	880
VISCOSIDAD BROOKFIELD 175 °C	D-4402	cP	--	--	285
RECUPERACION ELASTICA LINEAL Método A, 10 cm, 25°C	D-6084	%	60	--	85
RECUPERACION ELASTICA LINEAL Método A, 10 cm, 5°C	D-6084	%	--	--	55.6
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D-36	°C	60	--	74.5
ESTABILIDAD A ALMACENAMIENTO 163 °C, 48 horas	D-7173				
SEPARACION, DIFERENCIA	D-36	°C	--	2.2	0.4
RESIDUO DESPUÉS DE PELÍCULA FINA ROTATORIA	D-2872				
RECUPERACION ELASTICA LINEAL Método A, 10 cm, 25°C	D-6084	%	60	--	82
PENETRACIÓN 4°C, 200 g, 60 s	D-5	dmm	13	--	20
SEPARACION, diferencia	D-36	°C	--	10	2.5

OBSERVACIONES: La muestra de asfalto cumple especificaciones de calidad.
No presenta espuma a 163 °C


 Ing. Grethell Soto Caldas
 CIP 57640

Fecha de Emisión : Lima, 04 de julio del 2017

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



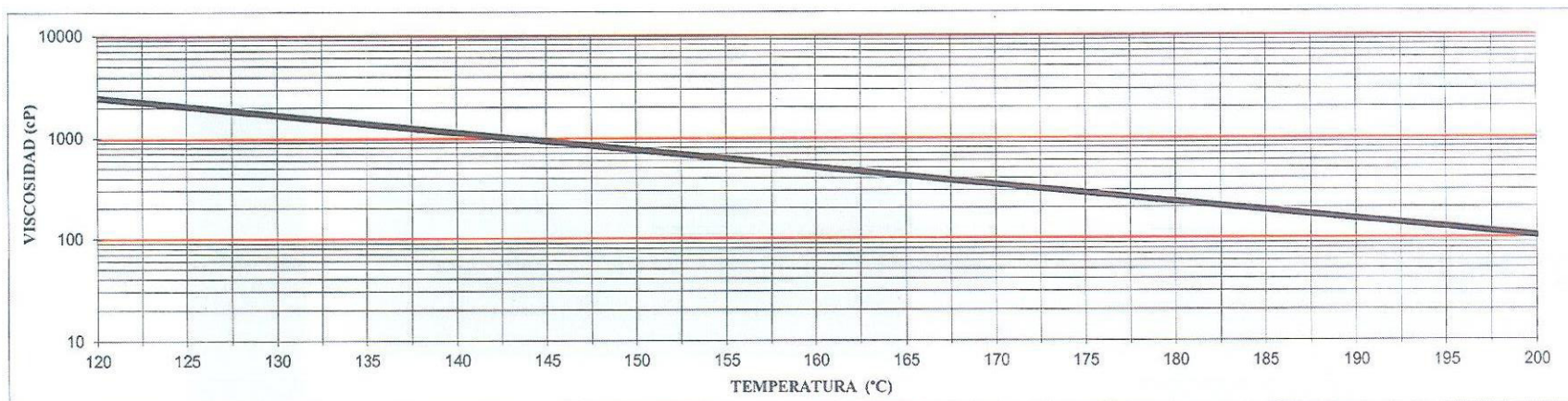
Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin
Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

GRÁFICO DE TEMPERATURAS DE MEZCLA Y COMPACTACIÓN

PRODUCTO: BETUTEC IC WARM MIX

INFORME DE ENSAYO N° 16

FECHA: 04/07/2017



RANGO DE TEMPERATURA DEL LIGANTE ASFÁLTICO EN LA MEZCLA
RANGO DE TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA EN OBRA

166.1	A	173.4
130.9	A	138.2

RANGO DE TEMPERATURA DEL LIGANTE ASFÁLTICO EN LA MEZCLA CON VISCOSIDADES ENTRE 300 A 400 cP

EL RANGO DE TEMPERATURA DE COMPACTACION DE LA MEZCLA CON BETUTEC IC WARM MIX ES DE 20-30°C INFERIOR A LA TEMPERATURA DE COMPACTACION DEL BETUTEC IC TÍPICO

Original: Cliente

Copia 1: Area Tecnica

Copia 2: Produccion

Copia 3: Laboratorio

Ing. Grethel Soto Caldas