



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE
CONVENCIONAL Y PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN
LAS CUADRAS 1 - 29 DE LA AVENIDA LA PAZ**

SAN MIGUEL – LIMA

PRESENTADA POR

JOSE ASAEL RENGIFO GONZALES

MIGUEL ANGEL VARGAS VILLACA

ASESOR

IVÁN CHAVEZ ROLDAN

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2017



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 MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE
CONVENCIONAL Y PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN
LAS CUADRAS 1 - 29 DE LA AVENIDA LA PAZ
SAN MIGUEL – LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**RENGIFO GONZALES, JOSE ASael
VARGAS VILLACA, MIGUEL ANGEL**

LIMA – PERÚ

2017

Dedicatoria

A Dios. A mis padres, Grimaldo Segundo y Dalila. A mi hermana Kelly Milagros, y a todas aquellas personas que contribuyeron económica y moralmente en el desarrollo de esta tesis. Dedico también este trabajo a mi alma mater, Universidad de San Martín de Porres por darme la oportunidad de desarrollarme académicamente hasta lograr el título de ingeniero civil.

J. Rengifo

Dedicatoria

A Dios. A mis padres Gabino y Prudencia, por guiarme y ser la fuente de inspiración en mi camino profesional. Al Ing. Humberto Guzmán Quispe por confiar y brindarme su apoyo en el desarrollo de la presente tesis en el ámbito laboral y profesional.

A la Universidad de San Martín de Porres, por inculcarnos valores y forjar en nosotros bases sólidas en el ámbito profesional y en nuestra vida.

M. Vargas

Agradecimiento

A los ingenieros Alexis Samohod Romero y Manuel Oblitas Santa María, quienes nos guiaron y brindaron asesoría para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

Al Ing. Iván Chávez Roldán por asesorarnos y por ser parte fundamental en las gestiones realizadas.

A la Ing. María Vergara Barranzuela, por las recomendaciones y criterios técnicos brindados en los ensayos de laboratorio.

Al Ing. Sergio Estrada Oblea por la ayuda brindada con los ensayos de laboratorio.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Características generales	1
1.2 Antecedentes generales	1
1.3 Planteamiento del problema	2
1.4 Objetivos	3
1.5 Justificación e importancia	4
1.6 Alcances y limitaciones	5
1.7 Viabilidad	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Reseña histórica	10
2.3 Bases teóricas	12
2.4 Marco conceptual	33
2.5 Hipótesis	36
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	38
3.1 Tipo de la investigación	38
3.2 Nivel de la investigación	38
3.3 Diseño de la investigación	39
3.4 Variables	39
3.5 Caso de la investigación	41
3.6 Técnicas de investigación	41

3.7	Instrumentos de recolección de datos	42
3.8	Procesamiento de datos	42
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS		44
4.1	Contrastación de hipótesis	44
4.2	Análisis e interpretación de la investigación	46
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN		72
CONCLUSIONES		74
RECOMENDACIONES		75
FUENTES DE INFORMACIÓN		76
ANEXOS		78

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Desarrollo cronológico del asfalto como material de construcción	11
Tabla 2.	Requisitos para mezcla de concreto asfáltico en caliente	19
Tabla 3.	Tolerancias para mezclas de concreto asfáltico en caliente	20
Tabla 4.	Vacíos mínimos en el agregado mineral (V.M.A.)	28
Tabla 5.	Requisitos de adherencia	30
Tabla 6.	Requisitos para los agregados gruesos	32
Tabla 7.	Requisitos para los agregados finos	32
Tabla 8.	Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)	33
Tabla 9.	Operacionalización de variables	40
Tabla 10.	Contenido de asfalto del material recuperado	47
Tabla 11.	Análisis granulométrico de la muestra N° 1 de material asfáltico recuperado	48
Tabla 12.	Análisis granulométrico de la muestra N° 2 de material asfáltico recuperado	49
Tabla 13.	Análisis granulométrico de la muestra N° 3 de material asfáltico recuperado	50
Tabla 14.	Análisis granulométrico del agregado grueso de adición para pavimento reciclado	52
Tabla 15.	Análisis granulométrico del agregado fino de adición para pavimento reciclado	54

Tabla 16.	Resumen de los ensayos de control calidad de los agregados de adición	55
Tabla 17.	Análisis granulométrico de la combinación de agregados para pavimento reciclado	57
Tabla 18.	Características Marshall para pavimento reciclado	62
Tabla 19.	Análisis granulométrico de la combinación de agregados para pavimento convencional	63
Tabla 20.	Características Marshall para pavimento convencional	67
Tabla 21.	Características Marshall para pavimento reciclado y convencional	67
Tabla 22.	Análisis de precios unitarios para el pavimento convencional	70
Tabla 23.	Análisis de precios unitarios para el pavimento reciclado	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Presupuesto de pavimento reciclado in situ en frío con emulsión asfáltica	9
Figura 2. Presupuesto de pavimento con asfalto caliente	10
Figura 3. Corte transversal de un pavimento asfáltico	13
Figura 4. Curva típica de %C.A. versus peso unitario	25
Figura 5. Mapas de ubicación de la avenida La Paz, San Miguel – Lima	41
Figura 6. Curva granulométrica de la muestra N° 1 de material asfáltico recuperado	48
Figura 7. Curva granulométrica de la muestra N° 2 de material asfáltico recuperado	49
Figura 8. Curva granulométrica de la muestra N° 3 de material asfáltico recuperado	50
Figura 9. Curva granulométrica del agregado grueso de adición para pavimento reciclado	53
Figura 10. Curva granulométrica del agregado fino de adición para pavimento reciclado	54
Figura 11. Curva granulométrica de la combinación de agregados para pavimento reciclado	57
Figura 12. Curva de %C.A. versus flujo para pavimento reciclado	59
Figura 13. Curva de %C.A. versus estabilidad para pavimento reciclado	59
Figura 14. Curva de %C.A. versus porcentaje de vacíos de aire para pavimento reciclado	60

Figura 15.	Curva de %C.A. versus %V.M.A. para pavimento reciclado	60
Figura 16.	Curva de %C.A. versus peso unitario para pavimento reciclado	61
Figura 17.	Curva de %C.A. versus % porcentaje de vacíos con C.A. para pavimento reciclado	61
Figura 18.	Curva granulométrica de la combinación de agregados para pavimento convencional	63
Figura 19.	Curva de %C.A. versus peso unitario para pavimento convencional	64
Figura 20.	Curva de %C.A. versus flujo para pavimento convencional	64
Figura 21.	Curva de %C.A. versus porcentaje de vacíos de aire para pavimento convencional	65
Figura 22.	Curva de %C.A. versus porcentaje de vacíos con C.A. para pavimento convencional	65
Figura 23.	Curva de %C.A. versus estabilidad para pavimento convencional	66

RESUMEN

El trabajo de investigación denominado Análisis comparativo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado en las cuadras 1 – 29 de la avenida de La Paz – San Miguel – Lima tuvo como objetivo principal demostrar la viabilidad técnico – económica del uso de pavimento flexible reciclado como alternativa técnica en las obras de rehabilitación vial, desarrolladas en la ciudad de Lima Metropolitana. Se tomó como caso la avenida La Paz, de la cuadra 1 a la 33 en San Miguel. Se estudiaron las características físicas más significativas del pavimento antiguo de la avenida La Paz, que al ser mezclado con pavimento nuevo habría significado el ahorro del 40% del agregado pétreo que se utilizó en el mejoramiento de carpeta asfáltica de la avenida La Paz.

Para demostrar técnicamente el ahorro de agregado grueso y fino, se realizaron ensayos especificados en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG – 2013; y se compararon los resultados obtenidos de la obra de mejoramiento de carpeta asfáltica de la Avenida La Paz, realizada por la Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima (EMAPE) y ejecutada por la empresa C.A.H. Contratistas Generales S.A.

Palabras claves: pavimento flexible convencional, pavimento flexible reciclado y manual de carreteras.

ABSTRACT

The research called Comparative analysis between conventional flexible pavement and recycled flexible pavement in blocks 1 – 29, La Paz avenue - San Miguel - Lima had as main objective demonstrate the technical - economic viability of the use of recycled flexible pavement as a technical alternative in the road rehabilitation works, developed in the city of Metropolitan Lima. It has taken as a case the avenue La Paz, from block 1 to 33 in San Miguel. It has studied the most significant physical characteristics of the old pavement of the La Paz avenue, that being mixed with new pavement would have meant saving 40% of the stone aggregate that was used in the asphalt improvement of the La Paz avenue.

In order to demonstrate technically the saving of coarse and fine aggregate, tests specified in the road manual of the Ministry of Transport and Communications were carried out: General Technical Specifications for Construction, EG - 2013; and they were compared to the results obtained from the La Paz Avenue asphalt improvement work carried out by the Lima Municipal Toll Management Company and executed by the company C.A.H. Contristas Generales S.A.

Keywords: conventional flexible pavement, flexible recycled pavement and roadway manual.

INTRODUCCIÓN

El uso de pavimento flexible reciclado es una técnica de pavimentación muy poca usada en la actualidad en el Perú. Países como Estados Unidos, Alemania y Brasil, entre otros, reciclan el pavimento fresado de sus vías desde finales del siglo XX.

En el caso de Lima Metropolitana, la Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima (EMAPE) no exige ni promueve el uso de pavimento flexible reciclado. Es por esto que se decide realizar el presente estudio, en el cual se escoge la avenida La Paz.

El objetivo de la investigación es realizar el análisis comparativo entre el pavimento flexible convencional utilizado en la avenida La Paz en la obra de mantenimiento de carpeta asfáltica y el uso hipotético de pavimento reciclado a partir del material fresado en y para la misma obra; con el fin de determinar la diferencia técnico - económica entre ambos pavimentos. De esta manera quedaría demostrada la viabilidad del uso de pavimento flexible reciclado en las vías de Lima Metropolitana.

Los objetivos específicos son: encontrar las diferencias entre los pavimentos flexible convencional y reciclados resultantes del ensayo de resistencias de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.

La tesis abarca cinco (5) capítulos. El primero trata sobre la problemática, los objetivos y la importancia de la investigación. En el segundo se habla acerca del marco teórico que sustenta la investigación, las

bases teóricas utilizadas y las hipótesis formuladas. El tercero trata sobre la metodología seguida en la investigación, las variables y el objeto de estudio. En el cuarto se muestran los resultados obtenidos en la investigación. Y en el quinto capítulo se analiza y presenta la discusión sobre los resultados obtenidos en la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Características generales

Esta investigación pretende demostrar la viabilidad técnico - económica del uso de pavimento flexible reciclado en el cambio de carpeta asfáltica para la rehabilitación de vías vehiculares; orientando para esto la investigación a un caso específico en las calles 1 a la 29 de la avenida La Paz, ubicada en el distrito de San Miguel, provincia y departamento de Lima.

Para el desarrollo de la investigación, se realizaron ensayos de laboratorio al pavimento flexible recuperado por fresado, a fin de obtener las resistencias de mezclas bituminosas empleado el aparato Marshall. Se obtuvieron también los resultados de los mismos ensayos, realizados al pavimento nuevo usado en la rehabilitación de la avenida La Paz para un posterior análisis comparativo.

1.2 Antecedentes generales

A finales del siglo XX, la ingeniería de pavimentos tuvo avances tecnológicos y científicos significativos en su área. Un claro ejemplo de esto es el uso de pavimento flexible reciclado para la fabricación de pavimento nuevo.

La reutilización de pavimento flexible es una técnica ya usada en varios países como Alemania, Suiza, Australia, Estados Unidos, Francia,

Sudáfrica, Colombia y Brasil; sin embargo, esta técnica es muy poca conocida y usada en el Perú.

En el Perú, se ha avanzado muy poco en el reciclaje de pavimento, siendo la Municipalidad Distrital de La Molina, desde el 2012, la única entidad del estado en Lima en usar esta técnica en sus vías vehiculares como las calles de Musa, Cerro Alto, Arbolitos y Huertos.

Por otro lado, existen deseos de inversión por parte del sector privado, tal es el caso del consorcio conformado por Mota-Engil Perú y Cosapi que adquirió la primera planta móvil de asfalto reciclado en el 2016 para las obras: Mejoramiento y Conservación del Corredor Vial Desvío Humajalso - Desaguadero y Tacna - Mazocruz; y Mejoramiento y Mantenimiento del Corredor Vial Valle de los Volcanes, en Arequipa.

Adicionalmente, se suman empresas como C.A.H. Contratistas Generales S.A. y SEOING E.I.R.L. que cuentan con plantas recicladoras en Lima.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Problema general:

¿Cuál es la diferencia técnico - económica entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?

1.3.2 Problemas específicos:

1. ¿Cuál es la diferencia del costo de pavimentación entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?
2. ¿Cuál es la diferencia en el peso unitario entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?

3. ¿Cuál es la diferencia en la estabilidad entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?
4. ¿Cuál es la diferencia en el flujo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?
5. ¿Cuál es la diferencia en el porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?
6. ¿Cuál es la diferencia en el porcentaje de vacíos de aire entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Determinar la diferencia técnico - económica entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.

1.4.2 Objetivos específicos:

1. Determinar la diferencia del costo unitario de repavimentación entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.
2. Precisar la diferencia en el peso unitario entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.
3. Establecer la diferencia en la estabilidad entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.

4. Demostrar la diferencia en el flujo entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.
5. Precisar la diferencia en el porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.
6. Explicar sobre la diferencia en el porcentaje de vacíos de aire entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.

1.5 Justificación e importancia

Hoy en día la tecnología, producción y medio ambiente van estrechamente ligados y al hablar de uno ellos, se habla de los demás; por lo tanto, es importante buscar siempre la producción más eficiente y que al mismo tiempo no dañe el medio ambiente.

En lo que a pavimentación se refiere, y según lo explicado anteriormente, el pavimento reciclado es muy poco usado en el Perú, tanto en el sector público como privado. Todo esto a pesar de que el uso de pavimento reciclado está permitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante su Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - 2013).

La Municipalidad Metropolitana de Lima rehabilita constantemente sus vías metropolitanas a cargo de la Empresa Municipal Administradora de Peajes de Lima (EMAPE). Sin embargo, no es requerimiento por éste reciclar el material asfáltico antiguo para fabricar pavimento nuevo.

Por lo tanto, es necesario demostrar la viabilidad técnica y económica del pavimento reciclado en los proyectos de pavimentación. Y de manera más específica, es necesario demostrar dicha viabilidad en los

proyectos de pavimentación que ejecuta la Municipalidad Metropolitana de Lima; por ejemplo, la rehabilitación de la avenida La Paz.

Entonces, el estudio y los resultados que se muestran en el presente trabajo corresponden a la comparación hipotética entre el uso de pavimento reciclado en la avenida La Paz desde la cuadra 1 hasta la 29 y la pavimentación convencional ya realizada en los meses de agosto y septiembre del 2017.

1.6 Alcances y limitaciones

Las muestras de pavimento a reciclar fueron obtenidas del fresado de las cuadras 1 a 29 de la avenida La Paz.

Los ensayos más significativos y necesarios para la investigación se realizaron en los laboratorios de las empresas privadas C.A.H. Contratistas Generales S.A. y SEOING E.I.R.L. ubicados en la ciudad de Lima.

Los agregados para el análisis de precios unitarios fueron cotizados con la empresa Constructora Meneses S.R.L.

Los agregados utilizados en diseño del pavimento reciclado fueron los mismos que se usaron en el diseño del pavimento nuevo de la avenida La Paz.

1.7 Viabilidad

Fuentes de información primaria sobre el tema de investigación.

Apoyo de dos empresas pavimentadoras C.A.H. Contratistas Generales S.A. y SEOING E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos presentados son significativos y más que suficientes para obtener conclusiones reales del presente trabajo de investigación.

Acceso a la obra de rehabilitación de la avenida La Paz para el muestreo del fresado de la carpeta asfáltica antigua.

Asesoramiento del Ingeniero Iván Chávez Roldán, Gerente de Operaciones de C.A.H. Contratistas Generales S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

El antecedente más importante que tuvo en consideración el presente proyecto de investigación es el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - 2013). En este manual encontraremos todas las especificaciones generales establecidas para el diseño y control de calidad de pavimentos flexibles de mezclas asfálticas en caliente y en frío, tanto para pavimentos convencionales como para reciclados.

Los ensayos requeridos para el control de calidad del pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado, establecidos en el Manual de Carreteras EG – 2013, conforman la metodología de investigación seguida y sus resultados son comparados para responder y obtener conclusiones de los objetivos e hipótesis planteadas.

Del mismo modo, esta investigación se basa en las siguientes tesis:

1. Méndez Revollo, A. (2015) presentó una tesis denominada “Evaluación técnica y económica del uso de pavimento asfáltico reciclado (RAP) en vías colombianas” y tiene como objetivo describir las diferentes técnicas de reciclado ya sea en frío o en

caliente. Este trabajo de investigación demuestra la viabilidad económica y técnica, del uso del asfalto reciclado en Colombia.

En la presente tesis, se explica el uso de pavimentos asfálticos reciclados para la construcción y rehabilitación de carreteras. Según Méndez, este es un tema que ha venido creciendo desde hace años debido a la reutilización y potencialización de los materiales existentes que contribuye al medioambiente por la disminución de explotación de canteras en búsqueda de nuevos agregados.

Méndez también indica que, en Colombia, se permite el uso de RAP al 50% y que, además, en países como Estados Unidos y otros más de Europa utilizan RAP hasta un 80%.

Según Méndez; en Colombia, al utilizar pavimento flexible reciclado se reduce el costo de pavimentación entre 20% y 30 y se genera un considerable impacto positivo al medio ambiente.

2. Tafur Garro, M. (2005) presenta en su tesis “Criterios de evaluación para reciclado de mezclas asfálticas. Aplicación a la carretera San Mateo – La Oroya Tramo III” metodologías elaboradas y construidas con insumos y equipos disponibles en el medio para generar mayor información confiable acordes a la realidad peruana.

En este proyecto, se dice que el reciclado de pavimentos asfálticos es un procedimiento que evidentemente presenta ventajas frente a otras alternativas de rehabilitación de carreteras al ahorrar materiales y energía. Esta técnica se hace aún más económica, ventajosa y competitiva cuando hay escasez de agregados en la zona, o cuando existen dificultades para el almacenamiento o eliminación de los materiales recuperados como es el caso de las áreas urbanas.

3. Villa Chamán, V. (2007) presentó una tesis denominada “Reciclado in situ en frío de pavimentos empleando emulsiones asfálticas – aplicación” para demostrar la viabilidad de esta técnica como método alternativo de rehabilitación.

Chamán demuestra la viabilidad económica del uso del asfalto reciclado ya que realiza un análisis comparativo de los costos de pavimentación entre un asfalto de mezcla asfáltica en caliente convencional y un asfalto reciclado in situ en frío. En los resultados de esta comparación, se observa que el costo de rehabilitación se reduce significativamente, exactamente S/. 43, 209.29.

Aplicación 1.00 km		Costo a:			Nov 2006	
Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Total
01.00.00	<u>OBRAS PROVISIONALES</u>					2,000.00
01.01.00	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	2,000.00	2,000.00	
02.00.00	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>					27,604.04
02.01.00	Demolición y remoción del pavimento existente (con fresadora a 2")	m2	6,000.00	4.60	27,604.04	
03.00.00	<u>PAVIMENTOS</u>					143,472.24
03.01.00	Imprimación	m2	6,000.00	1.78	10,703.52	
03.02.00	Base asfáltica reciclada en frío (con mezcladora)	m3	360.00	272.96	98,266.39	
03.05.00	Riego de liga	m2	6,000.00	1.18	7,092.48	
03.06.00	Tratamiento superficial monocapa	m2	6,000.00	4.57	27,409.86	
04.00.00	<u>TRANSPORTE</u>					3,487.01
04.01.00	Transporte de mezcla asfáltica en frío para d <= 1 km	m3-km	450.00	7.75	3,487.01	
05.00.00	<u>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</u>					1,386.85
05.01.00	Señales preventivas	und	10.00	138.69	1,386.85	
06.00.00	<u>PROTECCIÓN AMBIENTAL</u>					21,996.16
06.01.00	Recuperación ambiental en áreas afectadas	m2	400.00	54.99	21,996.16	
	COSTO DIRECTO (S/.)					199,946.31
	Gastos Generales Fijos			(7.00% del CD)		13,996.24
	Gastos Generales Variables			(13.00% del CD)		25,993.02
	Utilidad			(10.00% del CD)		19,994.63
	SUB TOTAL					259,930.21
	I.G.V.			(19.00% del ST)		49,386.74
	TOTAL DE LA PROPUESTA ECONÓMICA (S/.)					S/. 309,316.95
	Total del presupuesto en dólares/km.			(T.C. S/. 3.22)		\$ 96,061.16

Figura 1. Presupuesto de pavimento reciclado in situ en frío con emulsión asfáltica

Fuente: Villa Chamán, V. (2007, p 76)

Aplicación 1.00 km					Costo a:	Nov 2006
Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Total
01.00.00	<u>OBRAS PROVISIONALES</u>					2,000.00
01.01.00	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	2,000.00	2,000.00	
02.00.00	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>					54,981.21
02.01.00	Demolición y remoción del pavimento existente (con bulldozer)	m2	6,000.00	9.16	54,981.21	
03.00.00	<u>PAVIMENTOS</u>					122,365.01
03.01.00	Imprimación	m2	6,000.00	1.78	10,703.52	
03.04.00	Carpetas asfálticas en caliente	m3	360.00	310.17	111,661.49	
04.00.00	<u>TRANSPORTE</u>					6,253.81
04.01.00	Transporte de mezcla asfáltica en caliente para d <= 1 km	m3-km	450.00	7.75	3,487.01	
04.02.00	Transporte de mezcla asfáltica en caliente para d > 1 km	m3-km	0.00	1.55	0.00	
04.03.00	Transporte de material excedente de corte d <= 1 km	m3-km	540.00	5.12	2,766.80	
04.04.00	Transporte de material excedente de corte d > 1 km	m3-km	0.00	1.96	0.00	
05.00.00	<u>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</u>					1,386.85
05.01.00	Señales preventivas	und	10.00	138.69	1,386.85	
06.00.00	<u>PROTECCIÓN AMBIENTAL</u>					40,890.45
06.01.00	Acondicionamiento de excedentes en zonas de botaderos	m3	540.00	34.99	18,894.29	
06.02.00	Recuperación ambiental en áreas afectadas	m2	400.00	54.99	21,996.16	
	COSTO DIRECTO (S/.)					227,877.34
	Gastos Generales Fijos		(7.00% del CD)			15,951.41
	Gastos Generales Variables		(13.00% del CD)			29,624.05
	Utilidad		(10.00% del CD)			22,787.73
	SUB TOTAL					296,240.54
	I.G.V.		(19.00% del ST)			56,285.70
	TOTAL DE LA PROPUESTA ECONÓMICA (S/.)					S/. 352,526.24
	Total del presupuesto en dólares/km.			(T.C. S/. 3.22)		\$ 109,480.20

Figura 2. Presupuesto de pavimento con asfalto caliente

Fuente: Villa Chamán, V. (2007, p 77)

2.2 Reseña histórica

Los primeros usos del asfalto como material de construcción se remontan aproximadamente hace 5000 años atrás. Excavaciones a 80 km al noreste de Bagdad, corroboraron que los sumerios habían usado asfalto para la construcción de un mastic.

Los egipcios usaron el asfalto como relleno del cuerpo de momificación, técnica que se extendió hasta aproximadamente el año 300 A.C.

La biblia hace referencia al uso del asfalto en el sellado (impermeabilización) de las juntas de madera del arca de Noé, la construcción de la Torre de Babel y la impermeabilización de la cuna de Moisés.

Tiempo después, no se registra datos verídicos acerca del uso de asfalto hasta el siglo XVI.

A continuación, se muestra una tabla cronológica sobre el uso del asfalto.

Tabla 1. Desarrollo cronológico del asfalto como material de construcción

AÑO	SUCESO
Siglo XVI	Cristóbal Colón descubre el betún natural a mediados del siglo XVI. Un siglo más tarde, Sir Walter Raleigh quedó asombrado ante el Lago de betún y tomó posesión de él para la corona Británica
1681	El 16 de Agosto de 1681, los Ingleses Joakin Becher y Henry Serie registraron una patente relativa a “un nuevo método para extraer brea y alquitrán del carbón de piedra”
1712	El griego Eirini D. Eyrinis descubrió el yacimiento de asfalto de Val de Travers en Suiza y luego el Yacimiento de Seyssel en el valle del Rodano. A partir de estos yacimientos se elaboró “mastic de asfalto” aplicado al revestimiento de caminos.
1824	La firma Pillot et comenzó a fabricar adoquines de asfalto.
1837	Se pavimentó, con adoquines de asfalto. La plaza de la Concordia y los Campos Eliseos en París.
1852	Se construyó la carretera París - Perpiñan con asfalto de Travers, que significó el comienzo de una nueva forma de construcción Vial.
1869	Se introduce el procedimiento de construcción con asfalto en Londres (con asfalto de Vals de Travers).
1870	Se introduce el procedimiento de construcción con asfalto en los Estados Unidos. Desde esta época el “asfalto” se implantó sólidamente en las vías urbanas y propició significativamente su uso vial.
1876	Se realizó la construcción del primer pavimento, tipo Sheet Asphalt. En Washington D.C. con asfalto natural importado.
1900	Aparece la primera mezcla asfáltica en caliente. Utilizada en la rue du Louvre y en la avenue Victoria en París, la cual fue confeccionada con Asfalto natural de la Isla de Trinidad.

1902	A partir de este año, se inicia el empleo de los asfaltos destilados en los Estados Unidos.
1903	Aparecen los tratamientos superficiales a base de emulsiones. Con objeto de enfrentar las nubarrones de polvo producto de la circulación automovilística en las carreteras.
1909	En Versalles, sobre el firme de una carretera con un tráfico diaria de 5000 vehículos, se construyó una capa de aglomerado bituminoso de 5 cm de espesor.

Fuente: Medina Ramírez, V. (s.f.). Aplicaciones de las emulsiones asfálticas y los asfaltos diluidos en mezclas asfálticas en frío utilizando agregados del río Aguaytía - Ucayali

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Definición de pavimento

El pavimento es una estructura que yace sobre la superficie natural del terreno de las vías terrestres denominada subrasante. Esta estructura está conformada por una o más capas de material granular compactado y un material resistente diseñado para resistir y distribuir las cargas vehiculares y los esfuerzos provocados por la intemperie. Al mismo tiempo, dicha estructura debe mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito.

La estructura de los pavimentos está conformada por dos partes fundamentales: la base granular y la superficie de rodadura.

La base granular puede estar constituida por una o más capas. El número de capas y su espesor depende de las características de la vía y del diseño del proyectista.

La superficie de rodadura puede ser de cemento hidráulico, cemento asfáltico o una mezcla de ambos.

El uso distinto de cada una de estas superficies de rodadura da origen a tres tipos de pavimento:

1. Pavimento flexible
2. Pavimento rígido
3. Pavimento mixto

2.3.2 Pavimento flexible

El pavimento flexible está formado por una carpeta asfáltica que soporta condiciones de clima y tránsito, hecha con una mezcla bituminosa que varía de 2 a 4 pulgadas en la parte superior de su estructura. Ésta se encarga de transmitir cargas de tránsito a todos los niveles inferiores que la conforman hasta llegar a la subrasante o terreno natural.

Al respecto, autores como Rodríguez, C. y Rodríguez, J. sostienen que:

“El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, y tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.” (2004, p.18).

A continuación, se muestra la estructura del pavimento flexible.

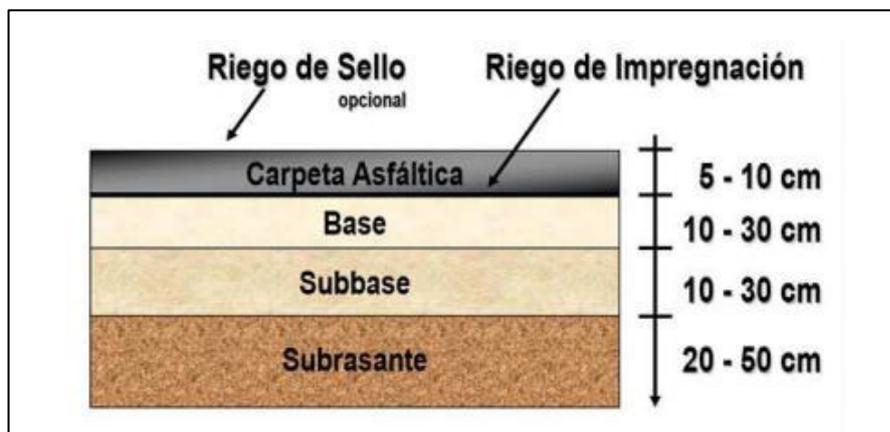


Figura 3. Corte trasversal de un pavimento asfáltico
Fuente: Giordani, C y Leone, D. (s.f.). Cátedra ingeniería civil

El pavimento flexible está compuesto por una superficie de rodadura, base, subbase y terreno de fundación o subrasante.

a) Nivel de subrasante

Es una línea longitudinal referencial que separa el terreno de fundación, con la estructura del pavimento.

b) Subrasante

También llamado terreno de fundación, es el material propio del terreno que recibe a la estructura del pavimento. Asimismo, es el resultado de los movimientos de tierra de corte o relleno.

Al respecto, autores como Rodríguez, C. y Rodríguez, J. sostienen que:

“La función de la sub-rasante es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, además de considerarse la cimentación del pavimento. Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad. [...] Otra de las funciones de la sub-rasante es evitar que el terraplén contamine el pavimento [...]” (2004, p.23).

c) Subbase

Tafur Garro, N. define la subbase de la siguiente manera:

“Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante. Tiene por finalidad servir de capa de drenaje al pavimento, controlar o eliminar en lo posible los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudieran tener los materiales de la subrasante; además, controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada.” (2005, p.13).

“El material de la sub-base debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava, granzón, escoria de los altos hornos, o residuos del material de cantera.” (2005, p 14).

Según Rodríguez, C. y Rodríguez, J. (2004, p 23), la subbase cumple cuatro funciones principales:

1. Reducir costos del pavimento, ya que es una capa que se conforma con materiales de menor costo que los de la base.
2. Disminuir los efectos causados por los cambios volumétricos del terreno de fundación o mejor dicho subrasante.
3. Llevar los diferentes esfuerzos producidos por las cargas vehiculares a la subrasante en forma adecuada.
4. Constituir una transmisión entre materiales de la base y la subrasante de tal modo que se evite la contaminación y la interpenetración de dichos materiales.

d) Base

Tafur Garro, N. define a la base como:

“Esta capa tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación. Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante.” (2005, p 14).

Rodríguez, C. y Rodríguez, J. define a la base como:

“Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre ella, porque la

capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento.” (2004, p 24).

2.3.3 Pavimento rígido

También conocido como pavimento de concreto, es una mezcla de cemento hidratado y material granular. En su parte externa se conforma por una capa de losa de concreto que varía de 4 a 7 pulgadas aproximadamente.

Al igual que el pavimento flexible, se encarga de transmitir la carga producida por el tránsito a las dos fases de la estructura: la base y la subrasante.

Rodríguez, C. y Rodríguez, J. definen al pavimento rígido de la siguiente manera:

“El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.” (2004, p.17).

A continuación, se muestra la estructura del pavimento rígido.

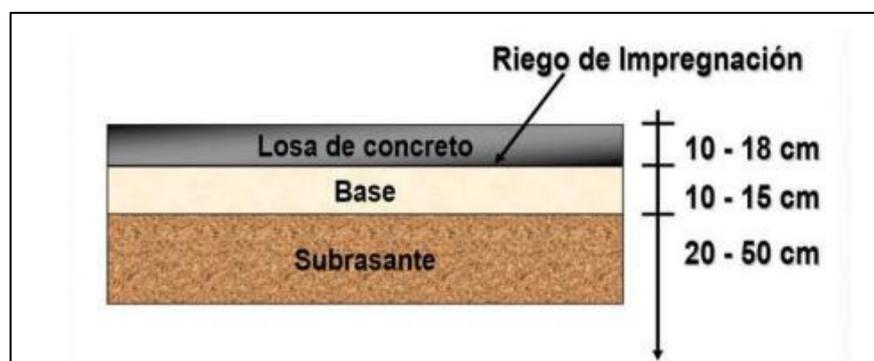


Figura 4. Corte transversal de un pavimento rígido

Fuente: Giordani, C y Leone, D. (s.f.). Cátedra ingeniería civil

El pavimento rígido está compuesto por una superficie de rodadura, base, terreno de fundación o subrasante.

2.3.4 Pavimento mixto

Es una mezcla de asfalto flexible y rígido, por ello recibe el nombre de pavimento híbrido, mixto o compuesto. Su estructura la conforma una capa de pavimento rígido y sobre esta una capa de pavimento asfáltico, debido a que el concreto es estable y soporta cargas altas como el uso de aviones y camiones. El uso del pavimento mixto es recomendado en zonas urbanas.

El pavimento mixto tiene una gran resistencia al desgaste y a la humedad, pero de llegar a fallar la base su rehabilitación sería muy costosa.

Leguía, L. y Pacheco, H. definen al pavimento mixto de la siguiente manera:

Llamado también pavimento híbrido, es una combinación de flexible y rígido, se colocan bloques de concreto prefabricado en lugar de la carpeta asfáltica. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que los bloques producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Otro tipo de pavimentos mixtos son aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido. Este pavimento, trae consigo un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta. (2016, p.24).

2.3.5 Pavimento de concreto asfáltico en caliente

Es una capa de mezcla asfáltica procesada y fabricada en caliente. Ésta es colocada en una base preparada para recibir los diferentes esfuerzos de carga recibidas por el tránsito y el clima.

El asfalto en caliente ayuda a corregir y mantener la geometría vertical y horizontal de las vías.

El Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción define el pavimento de concreto asfáltico en caliente de la siguiente manera:

“Este trabajo consistirá en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.” (2013, p 559).

El pavimento de concreto asfáltico en caliente está compuesto de los siguientes materiales:

1. Agregados minerales gruesos
2. Agregados minerales finos
3. Filler o polvo mineral
4. Cemento asfáltico

El equipo necesario para la fabricación del pavimento de concreto asfáltico en caliente es el siguiente:

1. Planta trituradora de agregados
2. Planta de asfalto
3. Equipo de transporte
4. Equipo para el esparcimiento de mezcla
5. Equipo de compactación
6. Equipos de limpieza

Las mezclas de concreto asfáltico en caliente deben cumplir las siguientes especificaciones:

Tabla 2. Requisitos para mezcla de concreto asfáltico en caliente

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

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

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

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

(4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.

El Índice de Compactabilidad se define como: $\frac{1}{\text{GEB } 50 - \text{GEB } 5}$

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

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción.

(2013, p 569)

El Manual de Carreteras MTC EG – 2013 establece los siguientes parámetros para las tolerancias admisibles en los resultados de granulometría y contenido asfáltico:

Tabla 3. Tolerancias para mezclas de concreto asfáltico en caliente

Parámetros de Control	Variación permisible en % en peso total de áridos
N.º 4 o mayor	±5%
N.º 8	±4%
N.º 30	±3%
N.º 200	±2%
Asfalto	±0,2%

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción. (2013, p 569)

2.3.6 Pavimento de concreto asfáltico en frío

Es una capa de mezcla asfáltica procesada en planta y colocada sobre una estructura existente en frío, permitiendo ejecutar obras de rehabilitación de pavimentos como bacheo.

El Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción define el pavimento de concreto asfáltico en frío de la siguiente manera:

Este trabajo consiste en la fabricación de mezclas asfálticas en frío [sic] y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Teniendo en consideración que esta tecnología es cada vez menos utilizada por razones técnicas y ambientales, se recomienda que su aplicación se limite solo a aquellos casos estrictamente indispensables, por razones de ubicación de las obra [sic] u otros factores como bajo volumen de tránsito. (2013, p 603).

2.3.7 Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente

Al hablar de reciclado, nos referimos a la reutilización de materiales provenientes de carpetas asfálticas ya utilizadas, viejas, oxidadas o antiguas.

El proceso de reciclar asfalto se logra con la adición de porcentajes de materia prima virgen y la utilización de aditivos rejuvenecedores u otros aditivos, de forma que se logre cumplir con las normas de asfalto que rigen en la actualidad.

Esta tecnología de reciclado es usada en distintos países del mundo con el objetivo de rehabilitar y dar mantenimiento a diversas vías, brindando rentabilidad y calidad.

Al respecto, el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción establece lo siguiente:

“Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas asfálticas, empleando mezcla asfáltica producida en planta en caliente, reutilizando materiales provenientes de capas asfálticas antiguas, con adición de nuevos materiales y de ser el caso, agentes rejuvenecedores y otros aditivos, con la finalidad de cumplir con las especificaciones técnicas correspondientes y de conformidad con el Proyecto.” (2013, p 755).

El pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente está compuesto de los siguientes materiales:

1. Agregados pétreos de adición.
2. Agregados pétreos y filler mineral.
3. Agregados recuperados de la carpeta asfáltica antigua.
4. Material bituminoso.
5. Material bituminoso de Adición.
6. Agente rejuvenecedor.
7. Aditivos mejoradores de adherencia.

El equipo necesario para la fabricación del pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente es el mismo que se emplea para pavimentos de concreto asfáltico en caliente.

Respecto al acopio de material por reciclar el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción indica lo siguiente:

El material disgregado por reciclar podrá provenir de la misma obra o extraído de otro lugar, no debiendo ser almacenado por más de 48 horas antes de su utilización para evitar su contaminación. (2013, p 762).

En ningún caso se permitirá que le material por reciclar constituya más del 40% de la masa total de la mezcla. (2013, p 764).

Estos dos aspectos forman un limitante en el uso de pavimento asfáltico reciclado industrializado.

Las especificaciones generales establecidas para el pavimento asfáltico reciclado en caliente, para cada uno de sus elementos constituyentes y como mezcla asfáltica final son las mismas que las del pavimento de concreto asfáltico en caliente.

2.3.8 Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío

El Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción define el pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío de la siguiente manera:

“Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas asfálticas, empleando mezcla asfáltica producida en planta en frío, reutilizando materiales provenientes de capas asfálticas antiguas, con nuevos materiales y de ser el caso, agentes rejuvenecedores y otros

aditivos, con la finalidad de cumplir con las especificaciones técnicas correspondientes y de conformidad con el Proyecto.” (2013, p 771).

Tafur Garro, N. define al pavimento de mezcla asfáltica en frío de la siguiente manera:

“El reciclado en frío o In-situ (Cold In-place Recycling, CIR) de un pavimento bituminoso fue introducido en Canadá del Este en 1989. Más de veinticinco millones de metros cuadrados de pavimento se han rehabilitado con este proceso en Canadá desde 1989. Las ventajas asociadas al proceso del CIR son significativas en comparación con métodos tradicionales de rehabilitación del pavimento. El reciclado en frío in-situ reduce el costo de rehabilitación del pavimento. Se reutilizan los materiales existentes permitiendo la preservación de agregados y del betún. La naturaleza fría del proceso reduce el impacto en el ambiente y preserva energía.” (2005, p.28).

2.3.9 Diseño de mezclas asfálticas en caliente por el método Marshall

Este método trata sobre el diseño y formulación de mezclas asfálticas en caliente. Éste se basa en el ensayo MTC E - 504, resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.

Para determinar el diseño de mezcla óptimo, se fabrican probetas cilíndricas de 2 ½ pulgadas de altura y 4 pulgadas de diámetro con distintos porcentajes de contenido de asfalto que varían cada uno 0.50% del otro.

En primer lugar, se establecen las características volumétricas de las probetas:

1. Medida del peso específico aparente.
2. Cálculo del porcentaje de vacíos en el agregado mineral (V.M.A.)
3. Cálculo del porcentaje de vacíos de aire.

4. Calculo del porcentaje de vacíos con cemento asfáltico (V.F.A.)

Luego, las probetas son ensayadas con el aparato Marshall para obtener los siguientes datos:

1. Estabilidad (kg).
2. Flujo (pulg).

La estabilidad se obtiene al determinar la máxima carga soportada por la probeta hasta su falla total. Del mismo modo, una vez fallada la probeta, el flujo se calcula por la disminución en el diámetro vertical de la probeta.

Los resultados de este método se representan en curvas que comparan el porcentaje de cemento asfáltico versus el peso unitario, el porcentaje de vacíos en el agregado mineral, el porcentaje de vacíos de aire, el porcentaje de vacíos con cemento asfáltico, estabilidad y flujo.

Por último, se comparan los resultados obtenidos con las especificaciones técnicas establecidas para obtener un porcentaje óptimo de cemento asfáltico.

Para el mejor entendimiento de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se profundiza en los siguientes conceptos:

a) Porcentaje de cemento asfáltico óptimo

El porcentaje de cemento asfáltico óptimo es la cantidad de asfalto que debe ser agregado a la mezcla.

La determinación de la cantidad optima dependerá del análisis de los resultados obtenidos en el diseño de mezcla mediante el método Marshall. Las curvas resultantes, las especificaciones técnicas y los

requerimientos de obra crearán los parámetros necesarios para la identificación el contenido de cemento asfáltico óptimo.

Por experiencia general de las empresas pavimentadoras que colaboraron en el desarrollo de la presente investigación, se recomienda el uso de 5.80% de cemento asfáltico óptimo, ya que es usual el requerimiento en obra de cemento asfáltico entre 5.60% y 6.00% debido a las tolerancias de $\pm 0.20\%$.

b) Peso unitario

El peso unitario será un valor que servirá de referencia para conocer el máximo porcentaje de cemento asfáltico que se requiere para obtener el máximo peso unitario posible.

A continuación, se muestra un ejemplo de una curva típica de porcentaje de cemento asfáltico versus el peso unitario.

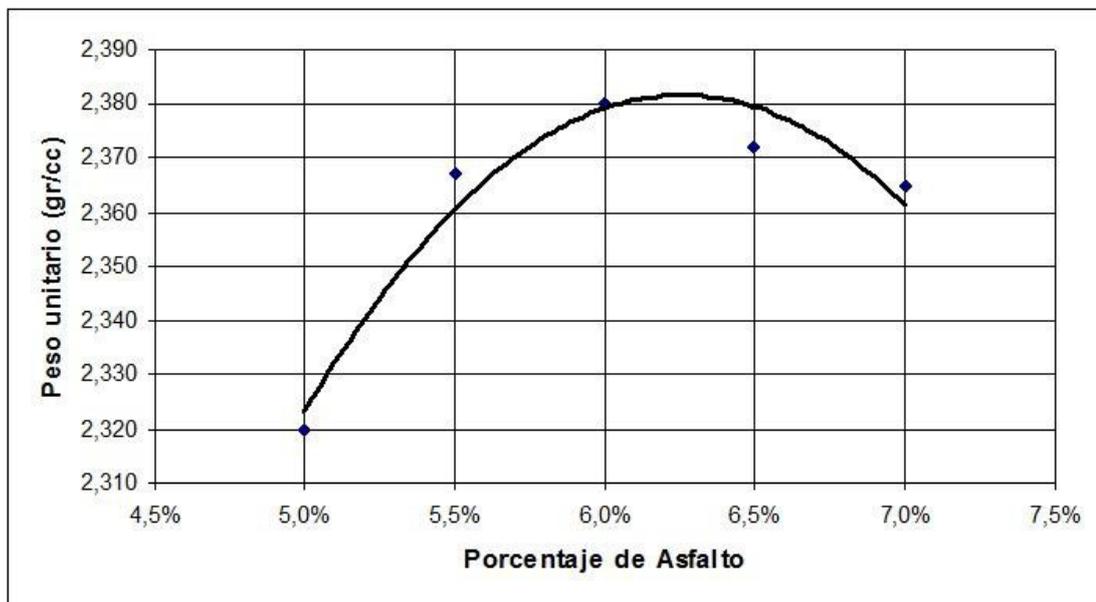


Figura 4. Curva típica de %C.A. versus peso unitario

Fuente: http://guidoriosciaffaroni.blogspot.pe/2015/04/cueva-del-ingeniero-civil_27.html

La curva de porcentaje de cemento asfáltico versus el peso unitario es de característica parabólica y cóncava hacia abajo, cuyo punto de inflexión marca el máximo peso unitario posible.

La curva parabólica indica que el peso unitario aumenta a medida que se le aplique mayor cemento asfáltico; sin embargo, luego disminuye a medida que se le aplique más cemento asfáltico. Esto ocurre debido a que inicialmente el cemento asfáltico llena los vacíos intergranulares de los agregados pétreos hasta un máximo físico posible, luego desplaza al material mineral disminuyendo así la densidad de la mezcla.

Escoger un porcentaje de cemento asfáltico menor al del punto de inflexión generará mayor porcentaje de vacíos de aire; del mismo modo, escoger un punto mayor al de la inflexión generará mayor porcentaje de vacíos en el agregado mineral (V.M.A.)

c) Porcentaje de vacíos

Son los pequeños espacios de aire que se encuentran presentes entre los agregados revestidos de la mezcla final compactada.

La durabilidad del pavimento asfáltico tiene relación directa con el contenido de vacíos, esto se debe a tres razones que deben ser tomadas en consideración:

1. A mayor contenido de vacíos mayor probabilidad de deterioro tendrá la mezcla.
2. Si la mezcla contiene un muy bajo contenido de vacíos, ésta puede causar efectos de exudación y hacer que la mezcla se corra fuera de la superficie.
3. Si existe menor cantidad de vacíos la mezcla va tener menor permeabilidad.

d) Estabilidad

La estabilidad de mezclas asfálticas es la capacidad de un pavimento asfáltico para soportar cargas de tránsito y resistir tensiones sin que se produzcan deformaciones excesivas. Esta depende directamente de la fricción y cohesión interna de los agregados que se utilicen. Si estos valores son adecuados se previene el desplazamiento de los agregados debido a las fuerzas ejercidas por el tráfico.

Los valores altos de estabilidad resultan en un pavimento altamente rígido y resistente a altas cargas vehiculares; sin embargo, es necesario comparar los resultados de estabilidad con los de flujo para determinar cómo responde el pavimento luego de una falla.

e) Flujo

El flujo o fluencia está estrechamente relacionado con la estabilidad de mezclas asfálticas ya que se mide luego de la falla de la probeta durante el ensayo de Marshall.

El flujo representa la deformación de la probeta, por lo que valores altos indican que el pavimento es demasiado plástico y tendrá mucha facilidad a deformarse bajo las cargas vehiculares. En cambio, valores bajos de flujo indican que el pavimento presentará fallas frágiles.

f) Porcentaje de vacíos en el agregado mineral

Los vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) es el espacio contenido entre las partículas del agregado pétreo utilizado en una mezcla asfáltica compactada. Estos espacios están formados por burbujas de aire y cemento asfáltico.

Las especificaciones técnicas para los vacíos en el agregado mineral son:

Tabla 4. Vacíos mínimos en el agregado mineral (V.M.A.)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.º 8)	21	-
4,75 mm (N.º 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (½")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 ½")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

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

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción. (2013, p 571)

g) Porcentaje de vacíos con cemento asfáltico

El porcentaje de vacíos con cemento asfáltico es el porcentaje de cemento asfáltico encontrado dentro de los vacíos intergranulares del agregado pétreo; es decir, indica la cantidad de cemento asfáltico que se encuentra en el V.M.A.

h) Índice de rigidez

El índice de rigidez es una relación entre la estabilidad y flujo calculado por método Marshall. Este dato sirve de referencia para analizar la rigidez y fragilidad del pavimento asfáltico.

Cuando el índice de rigidez es alto, el pavimento asfáltico es menos flexible y frágil, y cuando el índice de rigidez es bajo el pavimento asfáltico es muy flexible y se deforma con facilidad.

i) Estabilidad retenida

Muestra la variación en la estabilidad luego de 24 horas para una misma mezcla asfáltica. En cuanto esta variación sea baja, la estabilidad retenida será alta y se dirá que el pavimento presenta buenas características resilientes.

2.3.10 Aditivos mejoradores de adherencia

Los aditivos mejoradores de adherencia, son sustancias que permitan mejorar la adherencia de los agregados pétreos con el material bituminoso de la mezcla asfáltica.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones permite el uso de estos aditivos en caso de ser necesarios. Además, hace una diferencia conceptual entre los aditivos mejoradores de adherencia y los rejuvenecedores. Sin embargo, actualmente los aditivos rejuvenecedores poseen características que implican el mejoramiento de adherencia con los agregados.

En el caso del presente trabajo de investigación, se utilizó un aditivo rejuvenecedor con características que mejoran la adherencia de los agregados. Respecto a esto el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción precisa lo siguiente:

En caso se requiera un agente rejuvenecedor, deberá ser un material orgánico cuyas características químicas y físicas permitan devolverle al asfalto envejecido las condiciones necesarias para el buen comportamiento de la nueva mezcla, según lo establezca el diseño aprobado. La dosificación y la dispersión homogénea del agente rejuvenecedor deberán seguir las recomendaciones del fabricante y ser aprobadas por el Supervisor. (2013, p 759).

Para el conjunto de los agregados de adición, se exigirá el requisito de adhesividad obtenido mediante el ensayo de resistencia conservada en tracción indirecta con un valor del 80 % como mínimo; en caso que estos requisitos no sean satisfechos, no se permitirá el empleo de agregado pétreo, salvo que se incorpore un producto mejorador de adherencia, de calidad reconocida, en la proporción necesaria para satisfacerlos, la cual deberá ser aprobada por el Supervisor. Los aditivos a emplear deberán ser propuestos y suministrados por el Contratista. (2013, p 759).

Los requisitos establecidos para la adherencia son los siguientes:

Tabla 5. Requisitos de adherencia

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		< 3.000	> 3.000*
Adherencia (Agregado grueso)	MTC E 517	+95	-
Adherencia (Agregado fino)	MTC E 220	4 mín.**	-
Adherencia (mezcla)	MTC E 521	-	+95
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283	-	80 Mín.

* mayor a 3000 msnm y zonas húmedas ó lluviosas

** grado inicial de desprendimiento

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción. (2013, p 570)

2.3.11 Cemento asfáltico

El cemento asfáltico es un producto residual del petróleo crudo, se obtiene por la destilación y la refinería del petróleo. Es aplicado por lo general en la construcción de carreteras, autopistas, aeropuertos entre otros.

El cemento asfáltico sirve de materia prima para emulsiones asfálticas, como impermeabilizante, revestimiento de diques por

ser un material altamente cementante, repelente al agua, resiste a gran mayoría de ácidos y es susceptible a los cambios de temperatura, etc.

2.3.12 Agregado pétreo

Los agregados pétreos o minerales granulares, como arena, grava, piedra, escoria o relleno mineral se usan ampliamente en las bases, sub- bases y relleno de carreteras.

También son usados para la elaboración de mezclas asfálticas como el pavimento flexible objeto de investigación que se utilizó en la avenida La paz- San Miguel.

En el caso de pavimentos convencionales solo se necesita agregado mineral grueso y fino. En cambio, según la guía de carreteras EG - 2013, los agregados pétreos para la elaboración de las mezclas asfálticas recicladas tendrán dos procedencias:

1. Los recuperados de pavimento.
2. Los requeridos como adición para corregir la gradación y garantizar la calidad de la mezcla.

Las especificaciones técnicas referentes a los agregados pétreos son los siguientes:

Tabla 6. Requisitos 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% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

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

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción. (2013, p 560)

Tabla 7. Requisitos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

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

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

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción. (2013, p 560)

Tabla 8. Gradación para mezclas asfálticas en caliente (MAC)

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

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción. (2013, p 561)

2.3.13 Ensayos de Laboratorio

Para los siguientes ensayos de laboratorio se usó el Manual de Ensayos de Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Estos ensayos fueron necesarios para correcto desarrollo de la investigación, todo acorde a las especificaciones generales establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su Manual de Carreteras MTC EG – 2013.

1. Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos: MTC E – 502.
2. Análisis mecánico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas: MTC E – 503.
3. Análisis granulométrico de suelos por tamizado: MTC E 107
4. Resistencia de mezclas asfálticas bituminosas empleando el aparato Marshall: MTC E 504.

2.4 Marco conceptual

Adherencia: Es el aglutinamiento o pegamento físico de distintos elementos

Afirmado: Capa compactada procesada o natural, se coloca sobre la subrasante y funciona como superficie de rodadura.

Agregado: Material granular de diferentes tamaños, estas pueden ser arena, grava, escoria o roca triturada

Agregado fino: El agregado fino es un material granular que pasa por la malla N° 4 (4.75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso: proveniente de la desintegración natural o artificial esta es retenida en la malla en la malla N°4 (4.75 mm).

Base: Es una capa granular, bituminosa o estabilizada, se coloca encima de la subbase o subrasante y la capa de rodadura según la estructura de pavimento que conforma.

Bitumen: Es una sustancia cementante de color negro, con una consistencia sólida, semi-sólida o viscosa.

Fresado: Consiste en lijar mediante un rodillo metálico la carpeta asfáltica, con el objetivo de homogenizar la superficie y obtener un nuevo perfil longitudinal y así mejorar la superficie de rodadura.

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

Material granular: producto de la desintegración natural o forzosa, su tamaño es igual al de las gravas y arenas.

Material granular recuperado: es un producto que sale de un asfalto que ya no es reutilizable, este es llamado en siglas inglesas, RAM.

Material pétreo: También conocidos como materiales granulares, provienen de piedras y rocas

Material virgen: es aquel material que no ha sido utilizado previamente en alguna construcción.

Mejorador de adherencia: es un aditivo que mejora la adherencia, aglutinamiento o unión entre dos elementos.

Mezcla asfáltica: Es una combinación entre asfalto y agregados minerales pétreos, esta mezcla se efectúa de manera mecánica, se puede ejecutar en planta de procesamiento o en una planta móvil, debidamente transportada después al punto donde se ejecutará la obra.

Mezcla asfáltica en caliente: Es una mezcla entre asfalto y agregados pétreos, elaborada en caliente en una planta especial. Es utilizada como capa de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

Mezcla asfáltica en frío: Es una mezcla en frío procesada en planta, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivo. Es utilizada como capa de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

Mezcla bituminosa: Es una mezcla que contiene bitumen.

Pavimento: Es un conjunto de capas que reciben en forma directa las cargas de tránsito y la transmiten a los diferentes estratos que la conforman, proporcionando una superficie de rodamiento.

Pavimentación: Es un revestimiento exterior del suelo u otras superficies para la pavimentación de los materiales que más destacan son el asfalto, hormigón, piedra, lajas, adoquines, piedra artificial, ladrillos, tejas, e inclusive madera.

Subbase: Forma parte de la estructura del pavimento se encuentra en la parte inferior de la base.

Subrasante: Superficie que soporta la estructura del pavimento o afirmado.

2.5 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general:

El pavimento flexible reciclado tiene mejor viabilidad técnica - económica que el pavimento flexible convencional.

2.3.2 Hipótesis específicas:

1. El costo del pavimento flexible reciclado es menor que del pavimento flexible convencional.
2. El peso unitario es menor o igual en el pavimento flexible reciclado respecto al pavimento flexible convencional.
3. La estabilidad es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.
4. El flujo es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.
5. El porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

6. El porcentaje de vacíos de aire es menor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de la investigación

La metodología seguida durante la investigación se caracteriza por ser de dos tipos:

a) Cuantitativa

Se presentan incógnitas a problemas específicos derivados de uno general, a los que se les establece hipótesis y sus variables respectivas. Estas variables tienen identificadores que se miden mediante ensayos de laboratorio, se analizan y establecen conclusiones en contraste con las hipótesis planteadas.

b) Descriptiva

Paralelo a la medición de las variables, se obtienen datos de investigaciones de empresas sobre su propio producto y de otras tesis similares sin alterarlos ni modificarlos.

3.2 Nivel de la investigación

La investigación es de nivel descriptivo ya que sustenta resultados de ensayos de laboratorio que muestran las características de las variables de estudio. Plantea los puntos más importantes de cada variable dependiente para ser comparados analíticamente entre ellos.

La tesis no tiene como objetivo identificar las causas del problema general ni de los específicos.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es:

a) No experimental

Parte de los resultados que se muestran en la investigación no fueron producto de ensayos de laboratorio.

b) Experimental

Algunos de los resultados fueron hallados por medio de ensayos de laboratorio.

c) Prospectivo

Los resultados obtenidos son analizados mediante datos numéricos y se expresan en cuadros.

d) Transversal

La investigación se basa en un caso de estudio específico, para una obra con nombre y fecha particulares.

3.4 Variables

En la presente tesis, se identificó como variable dependiente a la demostración de la viabilidad técnico – económica, donde las variables independientes son el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado. Estas variables independientes tienen los mismos indicadores medibles cuantitativamente para ser comparados analíticamente.

3.4.1 Operacionalización de variables

Tabla 9. Operacionalización de variables

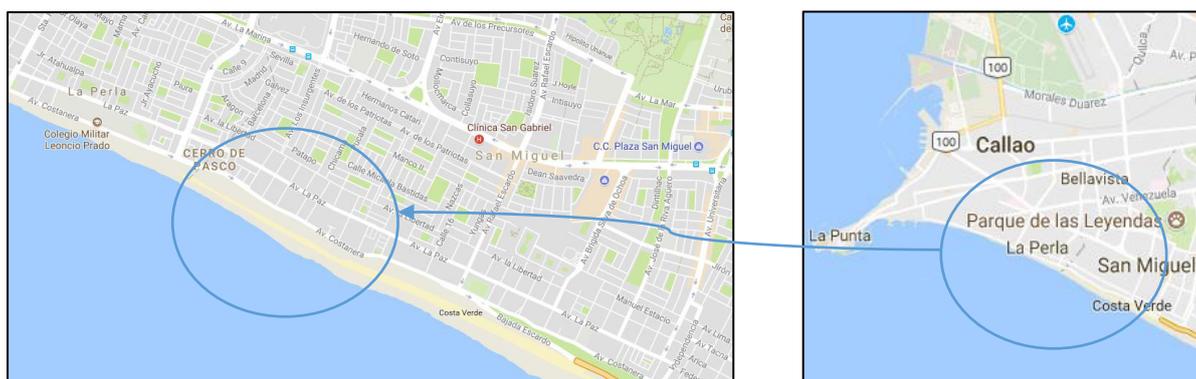
Variables Independientes	Indicadores	Índices	Instrumentos
Pavimento Flexible Convencional y Pavimento Flexible Reciclado	Análisis de Precios Unitarios	Análisis de Precios Unitarios	Análisis de Precios Unitarios
	Peso Unitario	Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall	MTC E 504
	Estabilidad	Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall	MTC E 504
	Flujo	Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall	MTC E 504
	Porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico	Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall	MTC E 504
	Porcentaje de vacíos	Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall	MTC E 504

Elaboración: los autores

3.5 Caso de la investigación

La investigación se basa en el estudio del pavimento usado en la rehabilitación de la avenida La paz en las cuadras 1 a 29 en el distrito de San Miguel – Lima; así como también el pavimento fresado resultante de la misma obra realizada en los meses de agosto y septiembre del 2017.

Figura 5. Mapas de ubicación de la avenida La Paz, San Miguel – Lima



Fuente: Google Maps

3.6 Técnicas de investigación

En la presente tesis, se realizaron ensayos de laboratorio a la muestra de pavimento recuperado del fresado realizado en la avenida La Paz. Adicionalmente se obtuvieron los resultados de los ensayos exigidos por norma del pavimento nuevo utilizado en la rehabilitación de la avenida La Paz. Estos ensayos fueron realizados por la empresa ejecutora de la obra, de este modo se prosiguió al análisis comparativo de los resultados.

Los ensayos realizados y todos los datos recolectados en la investigación siguieron el siguiente orden:

1. Muestreo del material recuperado del fresado.
2. Determinación del contenido de asfalto del material recuperado.
3. Granulometría del pavimento recuperado lavado.
4. Granulometría del agregado grueso y fino nuevo.

5. Obtención de la caracterización de agregados nuevos.
6. Combinación de agregados del material recuperado y nuevo.
7. Determinación del aditivo óptimo por ensayo de adherencia.
8. Obtención de las resistencias del asfalto usado en avenida La Paz.
9. Determinación de las resistencias de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall del pavimento reciclado.
10. Elaboración de análisis de precios unitarios para asfalto convencional y reciclado.

3.7 Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se aplicarán los siguientes ensayos de laboratorio:

1. Contenido de asfalto: Ensayo MTC E 502 - Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas para Pavimentos.
2. Granulometría del material recuperado: Ensayo MTC E 503 – Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de Mezclas Asfálticas.
3. Granulometría de agregados nuevos: Ensayo MTC E 107 – Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado.
4. Resistencias con aparato Marshall: Ensayo MTC E 504 – Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall.
5. Análisis de Precios Unitarios.

3.8 Procesamiento de datos

La información obtenida se presentó en cuadros y gráficos elaborados en hojas de cálculo de Microsoft Excel.

Se elaboraron cuadros detallados para mostrar los resultados de los ensayos granulométricos, contenido asfáltico, las resistencias con aparato Marshall y el análisis de precios unitarios.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Contrastación de hipótesis

4.1.1 Hipótesis general

a) Hipótesis alterna (H_a):

El pavimento flexible reciclado tiene mejor viabilidad técnico - económica que el pavimento flexible convencional.

b) Hipótesis nula (H_0):

El pavimento flexible reciclado no tiene mejor viabilidad técnico - económica que el pavimento flexible convencional.

4.1.2 Hipótesis específicas

a) Hipótesis alterna (H_{a1}):

El costo del pavimento flexible reciclado es menor que del pavimento flexible convencional.

b) Hipótesis nula (H_{01}):

El costo del pavimento flexible reciclado no es menor que del pavimento flexible convencional.

c) Hipótesis alterna (Ha2):

El peso unitario es menor o igual en el pavimento flexible reciclado respecto al pavimento flexible convencional.

d) Hipótesis nula (Ho2):

El peso unitario no es menor o igual en el pavimento flexible reciclado respecto al pavimento flexible convencional.

e) Hipótesis alterna (Ha3):

La estabilidad es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

f) Hipótesis nula (Ho3):

La estabilidad no es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

g) Hipótesis alterna (Ha4):

El flujo es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

h) Hipótesis nula (Ho4):

El flujo no es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

i) Hipótesis alterna (Ha5):

El porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

j) Hipótesis nula (Ho5):

El porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico no es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

k) Hipótesis alterna (Ha6):

El porcentaje de vacíos de aire es menor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

l) Hipótesis nula (Ho6):

El porcentaje de vacíos de aire no es menor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.

4.2 Análisis e interpretación de la investigación

4.2.1 Material asfáltico recuperado

Para reciclar pavimento flexible es necesario conocer el contenido de cemento asfáltico y su granulometría.

El contenido de asfalto en el material recuperado nos indicará cuánto de cemento asfáltico se necesita agregar para llegar a un óptimo contenido de cemento asfáltico. El cemento asfáltico óptimo será obtenido del diseño de mezcla asfáltica en caliente por método Marshall.

El análisis granulométrico permitirá conocer la curva granulométrica del material recuperado, este dato junto a las curvas granulométricas de los agregados de adición será usado para determinar la combinación de agregados óptima para un contenido de material asfáltico máximo.

a) Contenido de asfalto

Normas utilizadas: MTC EG – 2013, MTC E – 502.

El contenido de asfalto del material recuperado del fresado fue calculado según la norma mencionada y se realizaron tres ensayos consecutivos.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 10. Contenido de asfalto del material recuperado

Material asfáltico recuperado					
Muestra	Peso húmedo	Peso seco	Peso seco lavado	Porcentaje de humedad	Contenido de asfalto
N° 1	1 288.30	1275.20	1 201.40	1.03%	5.79%
N° 2	1 231.40	1214.00	1 146.90	1.43%	5.53%
N° 3	1 271.50	1257.50	1 187.10	1.11%	5.60%

Elaboración: los autores

Se decidió escoger el resultado más conservador, esto es: contenido de asfalto de 5.60%. Este contenido de asfalto significa ahorro de cemento asfáltico en el diseño de mezcla final. Se podrá calcular el ahorro de exacto de cemento asfáltico luego de determinar el porcentaje de cemento asfáltico requerido por diseño.

b) Granulometría del material recuperado

Normas utilizadas: MTC EG – 2013, MTC E – 503.

Una vez lavado el material recuperado para determinar el contenido de cemento asfáltico con el ensayo anterior (MTC E – 502), se procedió con los ensayos de granulometría para cada muestra.

Según lo mostrado en el segundo capítulo, las curvas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente (MAC) son de 3 tipos.

Para esta investigación se trabajó con MAC – 2 puesto que es el tipo de mezcla asfáltica en caliente que se usó en la avenida La Paz.

Tabla 11. Análisis granulométrico de la muestra N° 1 de material asfáltico recuperado

Granulometría de la muestra N° 1							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC – 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	11.30	0.94	0.94	99.06	80	100
3/8"	9.50	36.70	3.05	3.99	96.01	70	88
N° 4	4.75	336.30	27.96	31.96	68.04	51	68
N° 10	2.00	266.30	22.14	54.10	45.90	38	52
N° 40	0.43	219.20	18.23	72.33	27.67	17	28
N° 80	0.18	86.10	7.16	79.49	20.51	8	17
N° 200	0.08	86.00	7.15	86.64	13.36	4	8
Fondo	0.00	160.70	13.36	100.00	0.00	0	0
Total		1202.60	100.00				

Elaboración: los autores

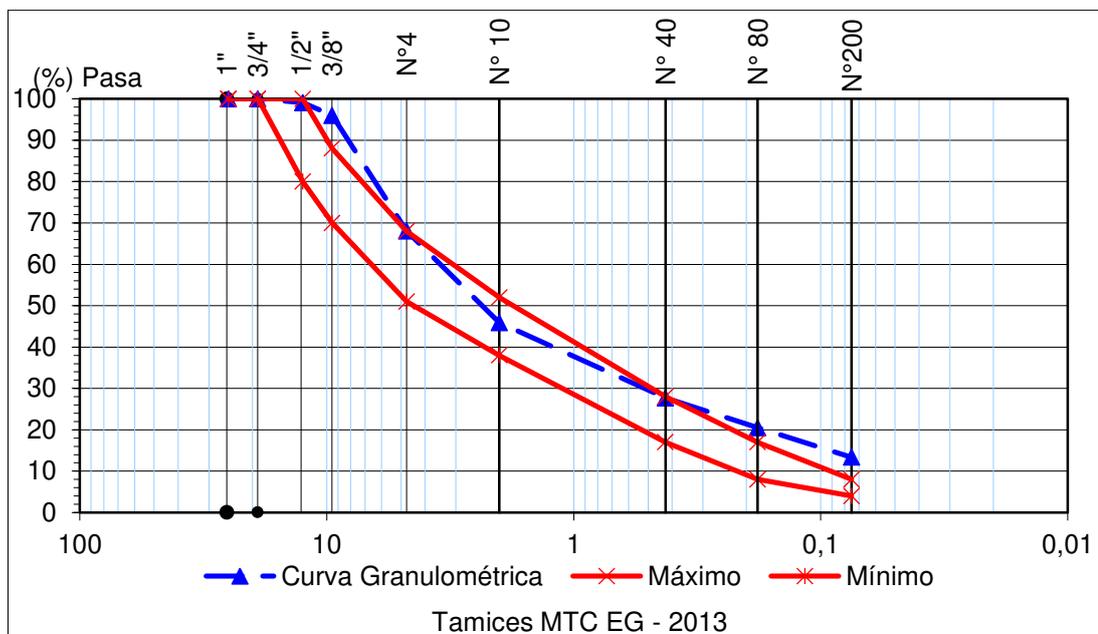


Figura 6. Curva granulométrica de la muestra N° 1 de material asfáltico recuperado

Elaboración: los autores

Tabla 12. Análisis granulométrico de la muestra N° 2 de material asfáltico recuperado

Granulometría de la muestra N° 2							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	10.10	0.88	0.88	99.12	80	100
3/8"	9.50	19.20	1.67	2.56	97.44	70	88
N° 4	4.75	278.40	24.28	26.84	73.16	51	68
N° 10	2.00	258.30	22.53	49.37	50.63	38	52
N° 40	0.43	241.40	21.06	70.42	29.58	17	28
N° 80	0.18	102.00	8.90	79.32	20.68	8	17
N° 200	0.08	90.10	7.86	87.18	12.82	4	8
Fondo	0.00	147.00	12.82	100.00	0.00	0	0
Total		1146.50	100.00				

Elaboración: los autores

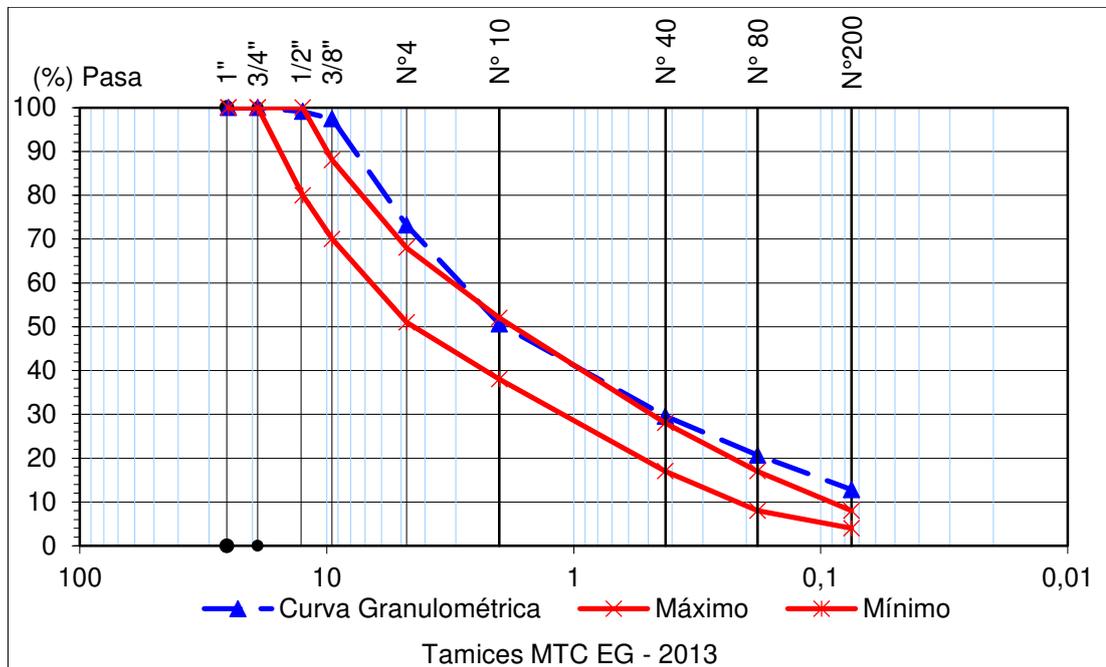


Figura 7. Curva granulométrica de la muestra N° 2 de material asfáltico recuperado

Elaboración: los autores

Tabla 13. Análisis granulométrico de la muestra N° 3 de material asfáltico recuperado

Granulometría de la muestra N° 3							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	26.90	2.14	2.14	97.86	80	100
3/8"	9.50	68.00	5.40	7.54	92.46	70	88
N° 4	4.75	280.40	22.26	29.80	70.20	51	68
N° 10	2.00	251.50	19.97	49.77	50.23	38	52
N° 40	0.43	236.10	18.75	68.52	31.48	17	28
N° 80	0.18	92.40	7.34	75.85	24.15	8	17
N° 200	0.08	85.00	6.75	82.60	17.40	4	8
Fondo	0.00	219.10	17.40	100.00	0.00	0	0
Total		1259.40	100.00				

Elaboración: los autores

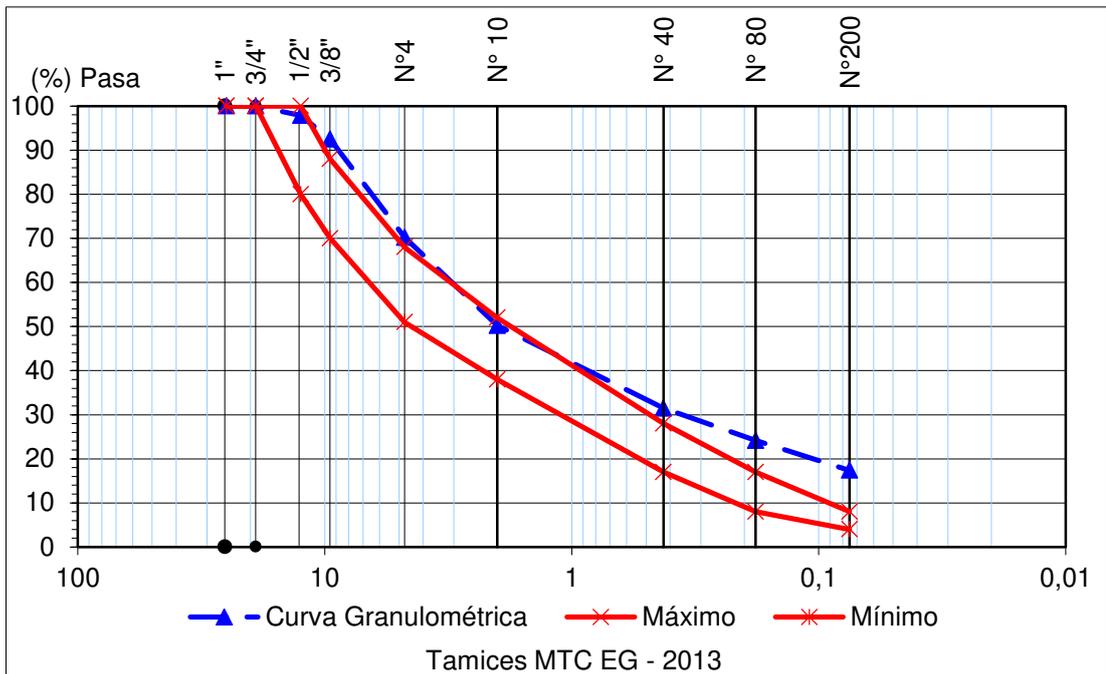


Figura 8. Curva granulométrica de la muestra N° 3 de material asfáltico recuperado

Elaboración: los autores

Los resultados mostrados indican curvas granulométricas próximas al máximo permitido. También se observa exceso de piedras de 3/8" y material fino.

La determinación de la cantidad de material recuperado a fue será determinado por la combinación de agregados. La combinación resultante deberá estar dentro los límites establecidos por el Manual de Carreteras MTC EG – 2013.

El Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción solo permite el uso de material recuperado hasta 40% como máximo.

“En ningún caso se permitirá que el material por reciclar constituya más del 40% de la masa total de la mezcla.” (MTC EG - 2013, 2013, p. 74).

4.2.2 Agregado pétreo de adición

El material pétreo de adición fue combinado con el material recuperado para obtener una correcta gradación dentro de los límites de una MAC – 2. Para esto se necesita conocer la granulometría del agregado grueso y fino de adición que se usará. También se debe demostrar la buena calidad de los agregados adición.

En el caso de los agregados de adición, C.A.H. Contratistas Generales S.A. donó el material pétreo para la realización de estos ensayos. Estos agregados fueron los mismos que se utilizaron en la obra de mejoramiento de carpeta asfáltica de la avenida La Paz.

Par demostrar la calidad de los agregados de adición, se mostraron los resultados que C.A.H. Contratistas Generales S.A. obtuvo.

a) Agregado grueso

Normas utilizadas: MTC EG – 2013, MTC E – 107.

El material grueso de adición presenta la siguiente granulometría:

Tabla 14. Análisis granulométrico del agregado grueso de adición para pavimento reciclado

Granulometría del agregado grueso							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	856.00	24.53	24.53	75.47	80	100
3/8"	9.50	1152.30	33.02	57.55	42.45	70	88
Nº 4	4.75	1411.40	40.45	98.00	2.00	51	68
Nº 10	2.00	57.10	1.64	99.64	0.36	38	52
Nº 40	0.43	1.10	0.03	99.67	0.33	17	28
Nº 80	0.18	1.00	0.03	99.70	0.30	8	17
Nº 200	0.08	1.00	0.03	99.73	0.27	4	8
Fondo	0.00	9.54	0.27	100.00	0.00	0	0
Total		3489.44	100.00				

Elaboración: los autores

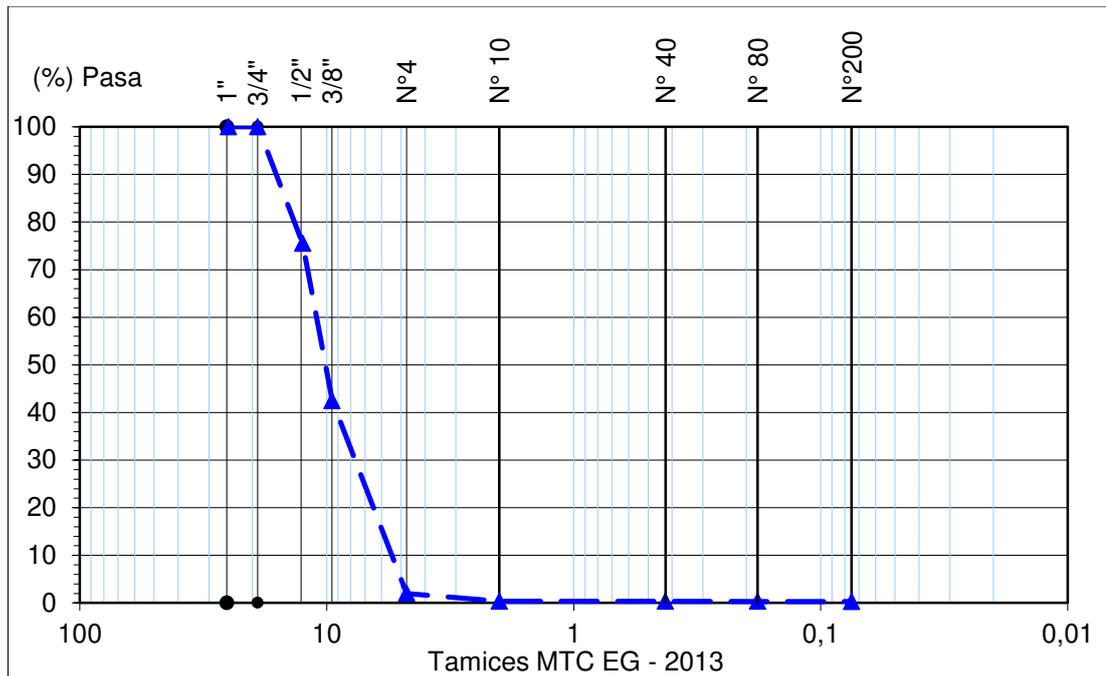


Figura 9. Curva granulométrica del agregado grueso de adición para pavimento reciclado

Elaboración: los autores

b) Agregado fino

Normas utilizadas: MTC EG – 2013, MTC E – 107.

El material fino nuevo presenta la siguiente granulometría:

Tabla 15. Análisis granulométrico del agregado fino de adición para pavimento reciclado

Granulometría del agregado fino							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	80	100
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	70	88
Nº 4	4.75	52.80	3.17	3.17	96.83	51	68
Nº 10	2.00	727.90	43.74	46.91	53.09	38	52
Nº 40	0.43	520.60	31.28	78.19	21.81	17	28
Nº 80	0.18	114.20	6.86	85.05	14.95	8	17
Nº 200	0.08	78.30	4.70	89.76	10.24	4	8
Fondo	0.00	170.50	10.24	100.00	0.00	0	0
Total		1664.30	100.00				

Elaboración: los autores

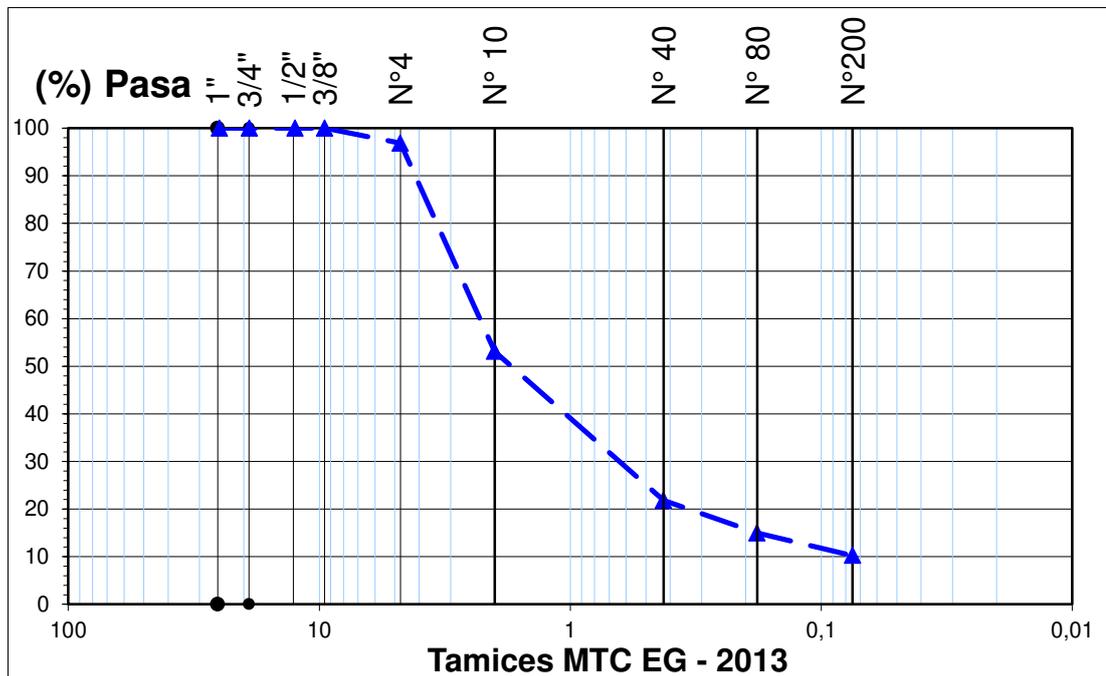


Figura 10. Curva granulométrica del agregado fino de adición para pavimento reciclado

Elaboración: los autores

c) Caracterización de agregados

Según las especificaciones generales para pavimentos flexibles de concreto asfáltico en caliente, se muestra la siguiente tabla resumen de la caracterización de los agregados utilizados. Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de la Dirección de Estudios Especiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones a pedido de la empresa C.A.H Contratistas Generales S.A. para demostrar la buena calidad de los agregados utilizados en el mejoramiento de la carpeta asfáltica de la avenida La Paz.

La siguiente tabla sólo muestra el resumen de los ensayos realizados a los agregados; en el caso de los resultados de absorción, adherencia y granulometría se usarán datos obtenidos por los propios testistas, debido a que son datos que cambian por muestra. Los resultados específicos de cada ensayo se muestran en los anexos. Los resultados no concluyentes no son realizados por el laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 16. Resumen de los ensayos de control calidad de los agregados de adición

Resultados a los ensayos de control de calidad para mezcla asfáltica					
Arena		Requisitos		Resultado	Cumple
		Mín.	Máx.		
Equivalente arena	MTC E 114	60	-	93	Sí
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	-	-	-
Índice de plasticidad malla N° 40	MTC E 111	NP	NP	NP	Sí
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-	18%	6.60%	Sí
Índice de durabilidad	MTC E 214	35	-	-	-
Índice de plasticidad malla N° 200	MTC E 111	-	4	NP	Sí
Sales solubles totales	MTC E 219	-	0.50%	0.04%	Sí
Azul de metileno	AASHTO TP 57	-	8	8.80%	No

Piedra		Requisitos		Resultado	Cumple
		Mín.	Máx.		
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-	18%	1.40%	Sí
Abrasión los ángeles	MTC E 207	-	40%	19%	Sí
Índice de durabilidad	MTC E 214	35%	-	-	-
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791		10%	7.6	Sí
Caras fracturadas	MTC E 210	-	85/50	96.9/92.4	Sí

Fuente: C.A.H. Contristas Generales S.A.

Según la tabla mostrada el control de calidad sale favorable en casi todos los requisitos pedidos por la guía MTC EG – 2013. Sin embargo, el ensayo de azul metileno arroja un resultado desfavorable. Este resultado se verá corregido con la utilización del aditivo rejuvenecedor.

4.2.3 Combinación de agregados

Dados los resultados granulométricos del material recuperado, se decide hacer combinaciones granulométricas con todos los agregados a partir de un 40% de material recuperado.

Las siguientes tabla y figura muestran el análisis granulométrico de la combinación óptima para un máximo posible de material recuperado. Para la combinación se utilizó la curva granulométrica de la muestra N° 3 por ser la mejor gradada, de menor variación.

Combinación de agregados: piedra chancada 35%, arena chancada 50% y material asfáltico recuperado 15%

Tabla 17. Análisis granulométrico de la combinación de agregados para pavimento reciclado

Combinación granulométrica de agregados							
Tamiz	Abertura (mm)	Piedra Chancada (%)	Arena Chancada (%)	Mat. Asf. Recuperado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	75.47	100.00	97.86	91.10	80	100
3/8"	9.50	42.45	100.00	92.46	78.70	70	88
Nº 4	4.75	2.00	96.83	70.20	59.60	51	68
Nº 10	2.00	0.36	53.09	50.23	34.20	38	52
Nº 40	0.43	0.33	21.81	31.48	15.70	17	28
Nº 80	0.18	0.30	14.95	24.15	11.20	8	17
Nº 200	0.08	0.27	10.24	17.40	7.80	4	8
Fondo	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0

Elaboración: los autores

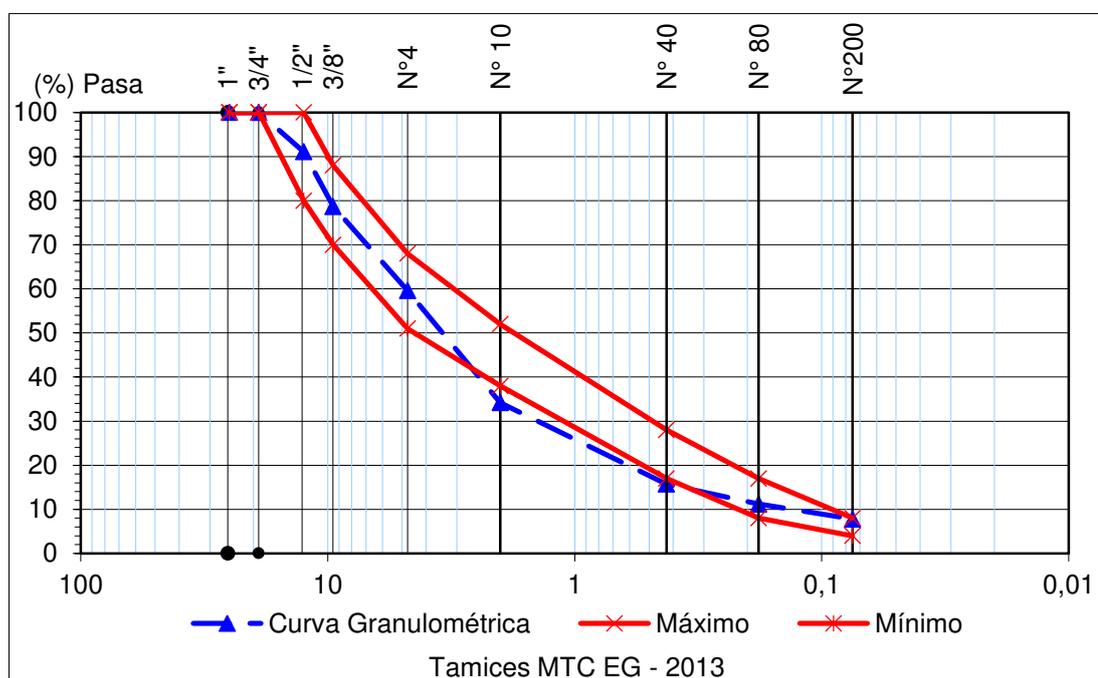


Figura 11. Curva granulométrica de la combinación de agregados para pavimento reciclado

Elaboración: los autores

En este análisis granulométrico, se observa que la curva granulométrica sobrepasa el mínimo recomendado; sin embargo, el Manual de Carreteras MTC EG – 2013 considera tolerancias en el porcentaje que pasa por los tamices N° 10 y 40 de $\pm 5\%$. Por lo tanto, se podrá utilizar el 15% del material recuperado en la fabricación de pavimento flexible reciclado.

4.2.4 Aditivo rejuvenecedor

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el aditivo rejuvenecedor ITERLENE ACF 1000 GREEN. Este aditivo líquido permite regenerar de manera eficiente el material bituminoso contenido en el material fresado. Mejorando para esto las propiedades del material asfáltico y aumentando la adherencia de los agregados con el cemento asfáltico.

La dosificación usada es de 0.30% del peso del fresado utilizado, puesto que es la misma cantidad que se usó en el pavimento de la avenida La Paz.

4.2.5 Diseño de mezcla pavimento reciclado

Para poder encontrar el diseño de mezcla óptimo, se utilizó el método Marshall. Este método consiste en conocer las resistencias de mezclas bituminosas del pavimento utilizando el aparato Marshall, ensayo MTC E – 504.

Se realizó el ensayo MTC E – 504 con varios porcentajes de cemento asfáltico 60/70, tipo de cemento asfáltico utilizado en el mejoramiento de carpeta asfáltica de la avenida La Paz. Los porcentajes fueron 5.05%, 5.55%, 6.05% y 6.55%.

Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados obtenidos de los 4 ensayos realizados. A partir de estos resultados, se escogió el porcentaje de cemento asfáltico que mejor convenga a la

investigación de acuerdo con los parámetros indicados en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC EG - 2013.

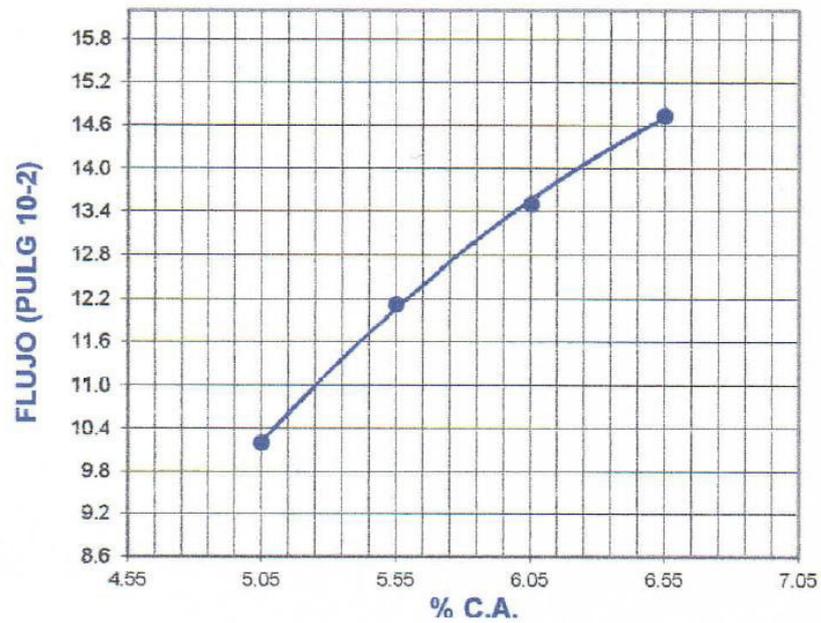


Figura 12. Curva de %C.A. versus flujo para pavimento reciclado
Elaboración: los autores

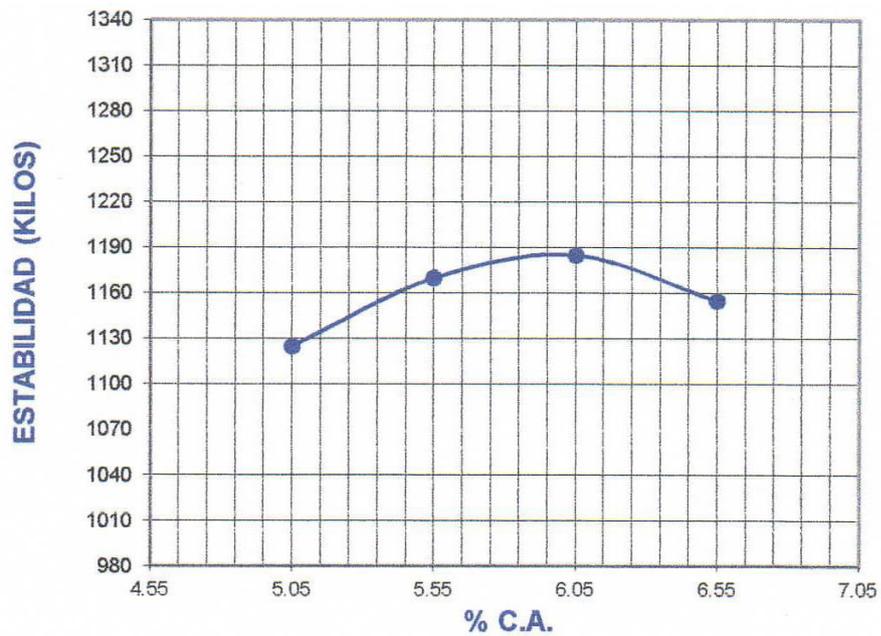


Figura 13. Curva de %C.A. versus estabilidad para pavimento reciclado
Elaboración: los autores

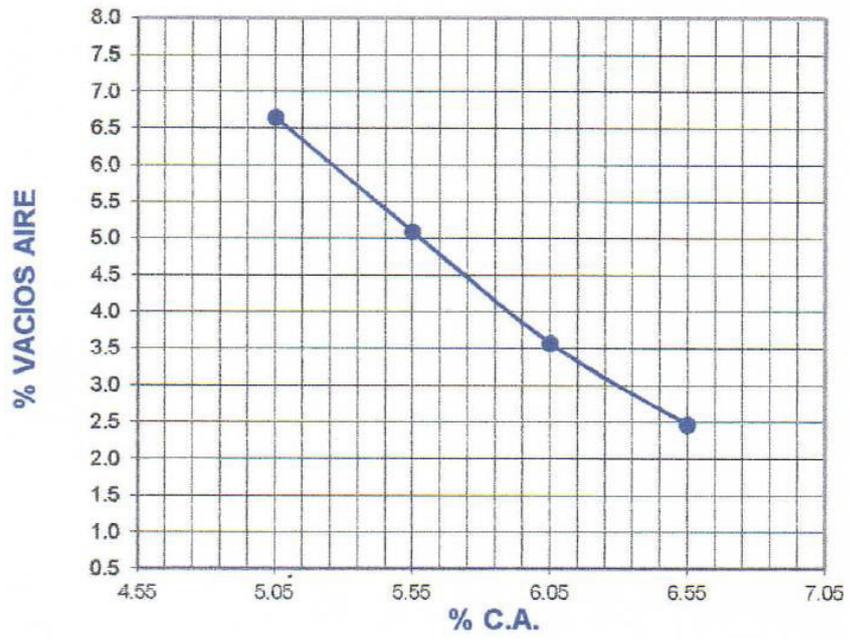


Figura 14. Curva de %C.A. versus porcentaje de vacíos de aire para pavimento reciclado

Elaboración: los autores

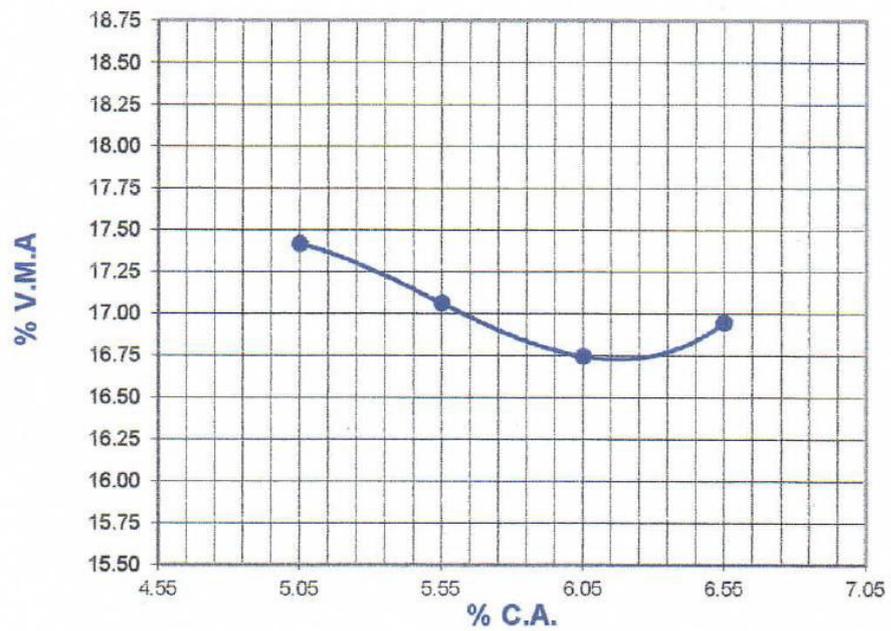


Figura 15. Curva de %C.A. versus %V.M.A. para pavimento reciclado

Elaboración: los autores

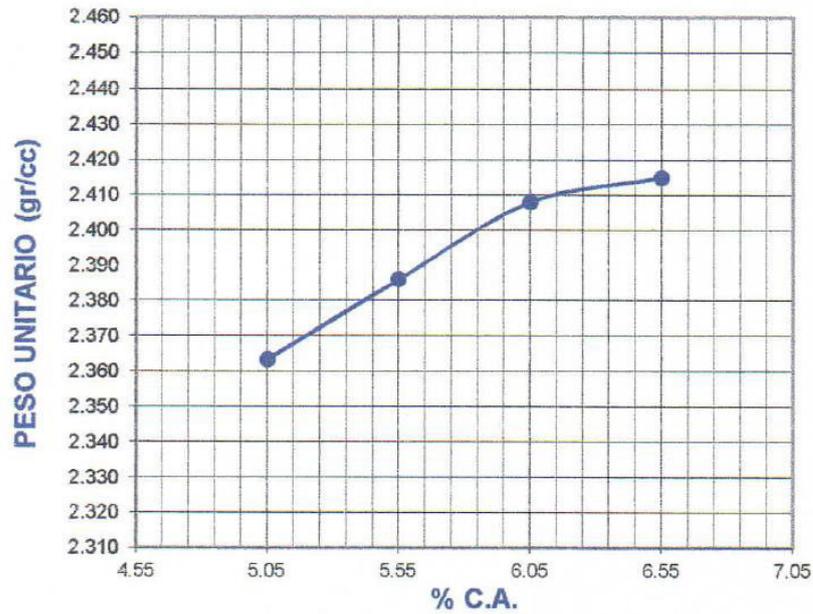


Figura 16. Curva de %C.A. versus peso unitario para pavimento reciclado
Elaboración: los autores

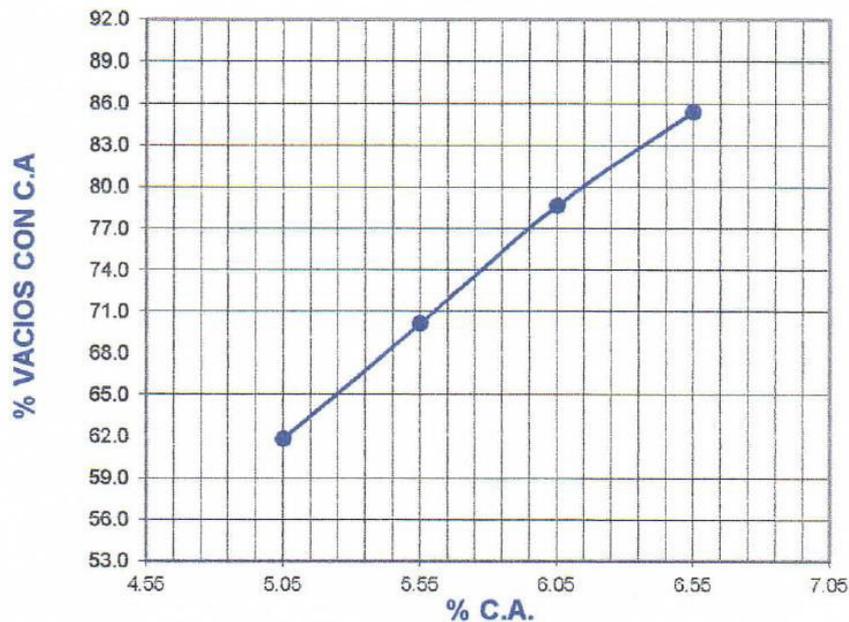


Figura 17. Curva de %C.A. versus % porcentaje de vacíos con C.A. para pavimento reciclado
Elaboración: los autores

A partir de estas curvas determinadas por el ensayo MTC E – 504, se decide utilizar 5.8% de cemento asfáltico.

Por requerimientos de mínimos y máximos de cemento asfáltico para obra, 5.60% y 6.00% respectivamente, se suele diseñar pavimento con mezcla asfáltica en caliente con 5.80% \pm 0.20%.

A continuación, se muestra el resumen del diseño final para el pavimento flexible reciclado con 5.80% de cemento asfáltico.

Mezcla de agregados:	(Proporción en peso)
Piedra chancada	35%
Arena chancada	50%
Asfalto reciclado	15%
Especificación de gradación	MAC - 2

Ligante bituminoso:	
Tipo de asfalto	Pen 60/70
Optimo contenido de cemento asfáltico	5.80% (\pm 0.20%)
Aporte de cemento asfáltico por asfalto reciclado	0.84%
Aditivo mejorador de adherencia	0.30%
Especificación de gradación	MAC - 2

Tabla 18. Características Marshall para pavimento reciclado

Datos	Resultados	Requisitos	
		Mínimo	Máximo
Cemento asfáltico (%)	5.80	5.60	6.00
Peso unitario (gr/cc)	2.390	-	-
Vacios de aire (%)	4.00	3	5
Estabilidad (Kg)	1170	820	-
V.M.A. (%)	16.70	14	-
V.F.A. (%)	76.00	-	-
Flujo (pulg)	12.80	8	14
Índice de rigidez (Kg/cm)	3615	1700	4000
Estabilidad retenida (%)	82.10	75	-

Elaboración: los autores

4.2.6 Diseño de mezcla pavimento convencional

En caso del diseño me mezcla del pavimento convencional utilizado en la avenida La Paz; los ensayos correspondientes fueron realizados por C.A.H. Contratistas Generales S.A.

La combinación de agregados utilizada para el pavimento convencional fue: 38% piedra chanchada – 62% arena chancada.

Tabla 19. Análisis granulométrico de la combinación de agregados para pavimento convencional

DATOS DE LA MUESTRA					
DISEÑO	: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC -II				
MATERIAL (A)	: PIEDRA DE 1/2" CANTERA TYR				
MATERIAL (B)	: ARENA CHANCADA - CANTERA SANTA CLARA				
FECHA	: 09/09/17				

TAMIZ ASTM	MATERIAL A 38%	MATERIAL B 62%	MEZCLA 100%	ESPECIFICACION MAC-II	TAMAÑO MAXIMO: 3/4"
	100.0	100.0	1.0	100	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1-1/2"	100.0	100.0	100.0	100	Mezcla Tipo : MAC-II Peso Especifico Piedra: 2.81 Peso Especifico Arena: 2.71
1"	100.0	100.0	100.0	100	
3/4"	100.0	100.0	100.0	100	
1/2"	66.1	100.0	87.1	80-100	
3/8"	34.0	100.0	74.9	70-88	
Nº 4	3.6	95.6	60.6	51-68	
Nº 10	0.6	68.9	42.9	38-52	
Nº 40	0.2	38.7	24.1	17-28	
Nº 80	0.2	24.6	15.3	8-17	
Nº 200	0.2	14.7	9.2	4-8	

Fuente: C.A.H. Contratistas Generales S.A.

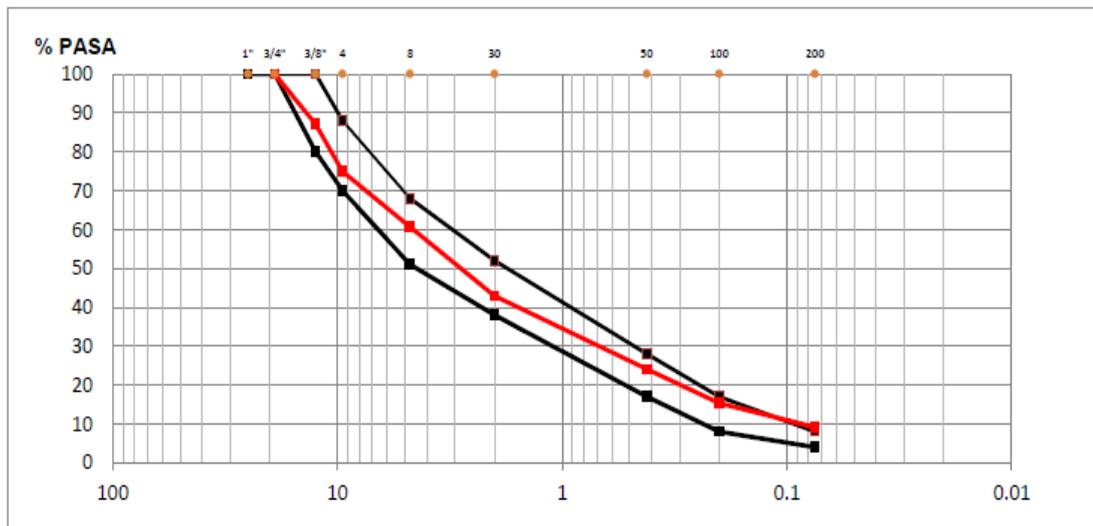


Figura 18. Curva granulométrica de la combinación de agregados para pavimento convencional

Fuente: C.A.H. Contratistas Generales S.A.

El porcentaje de cemento asfáltico óptimo es 5.80%.

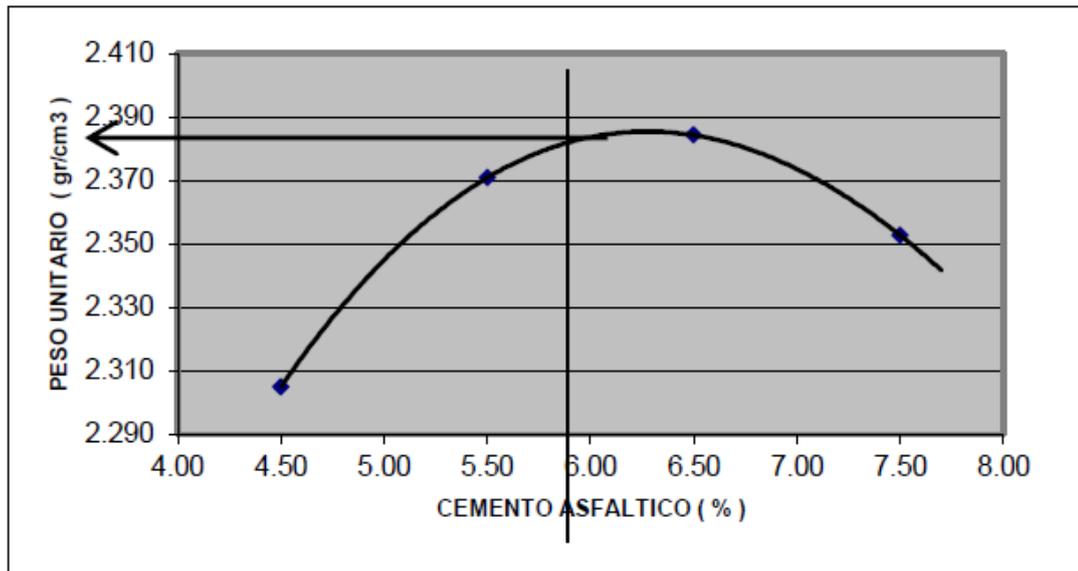


Figura 19. Curva de %C.A. versus peso unitario para pavimento convencional

Fuente: C.A.H Contratistas Generales S.A.

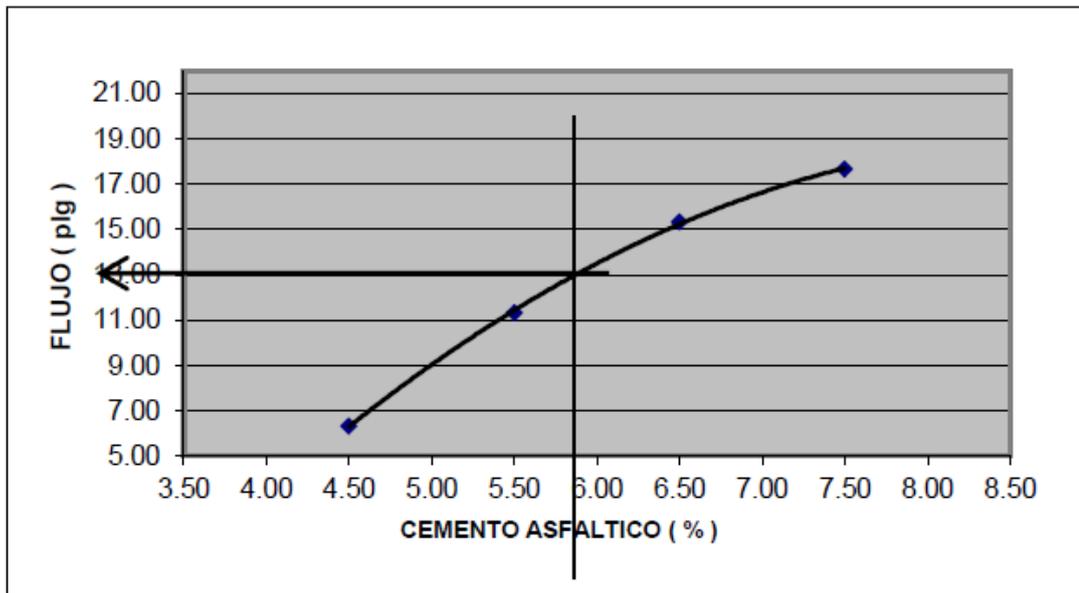


Figura 20. Curva de %C.A. versus flujo para pavimento convencional

Fuente: C.A.H Contratistas Generales S.A.

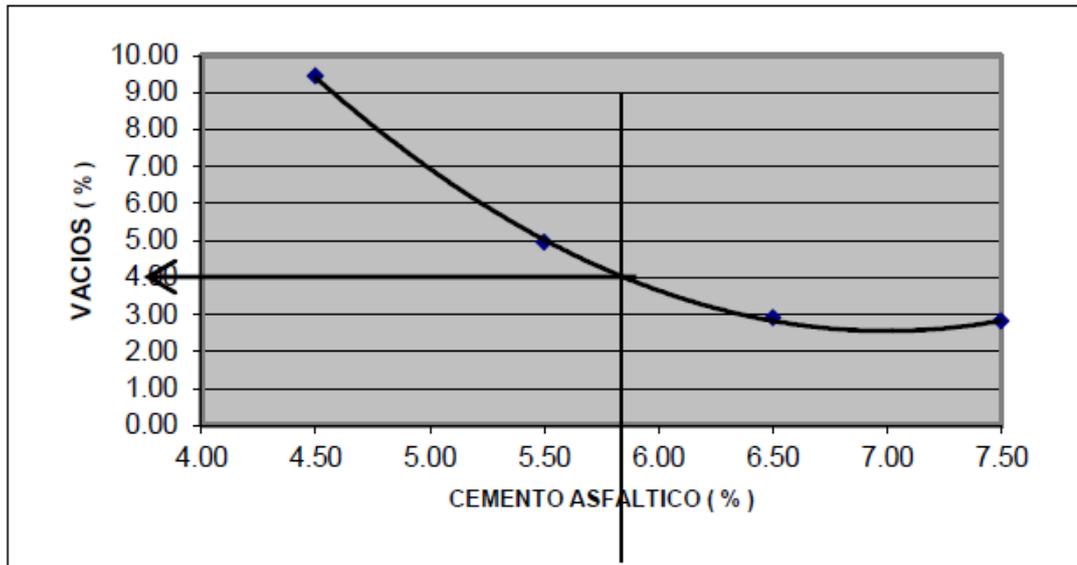


Figura 21. Curva de %C.A. versus porcentaje de vacíos de aire para pavimento convencional

Fuente: C.A.H Contratistas Generales S.A.

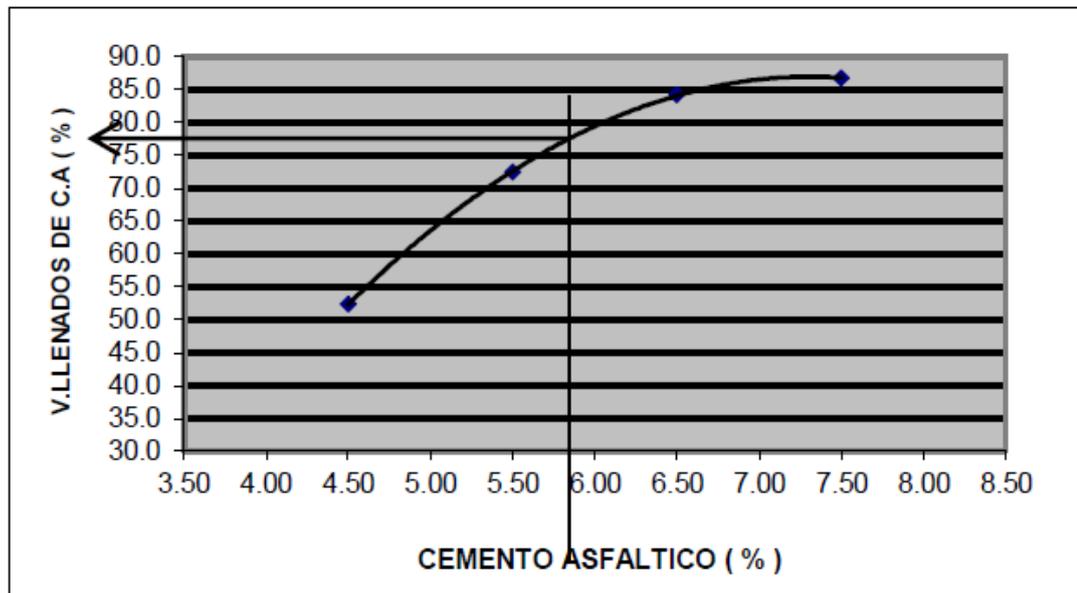


Figura 22. Curva de %C.A. versus porcentaje de vacíos con C.A. para pavimento convencional

Fuente: C.A.H Contratistas Generales S.A.

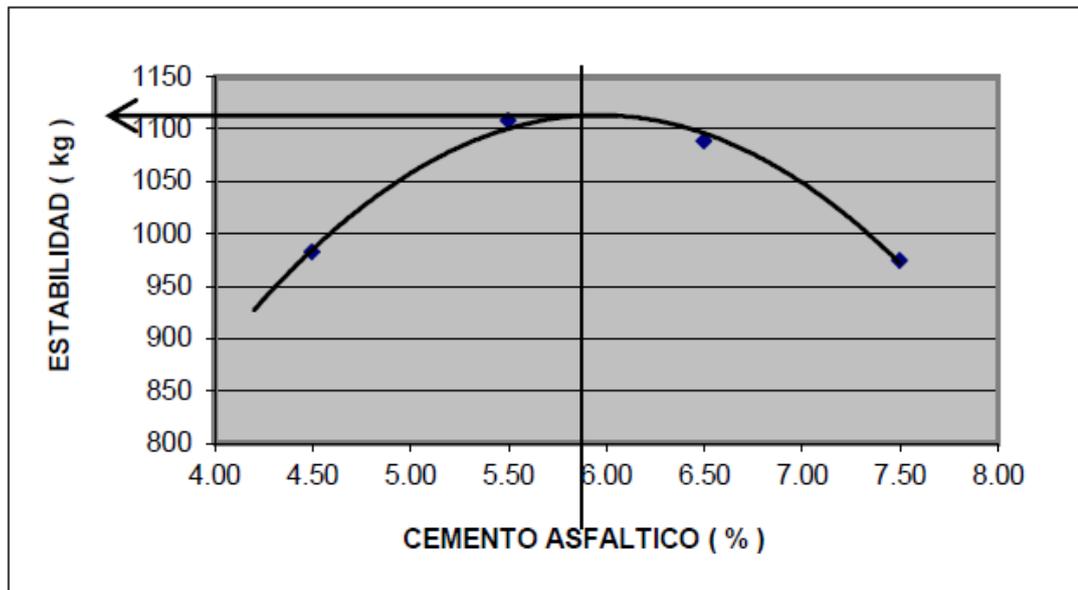


Figura 23. Curva de %C.A. versus estabilidad para pavimento convencional

Fuente: C.A.H Contratistas Generales S.A.

A continuación, se muestra el resumen del diseño de mezcla asfáltica en caliente utilizado en la avenida La Paz.

Mezcla de agregados:

Piedra chancada
 Arena chancada
 Especificación de gradación

(Proporción en peso)

38%
 62%
 MAC - 2

Ligante bituminoso:

Tipo de asfalto
 Optimo contenido de cemento asfáltico
 Aditivo mejorador de adherencia
 Especificación de gradación

Pen 60/70
 5.80% ($\pm 0.20\%$)
 0.30%
 MAC - 2

Tabla 20. Características Marshall para pavimento convencional

Datos	Resultados	Requisitos	
		Mínimo	Máximo
Cemento asfáltico (%)	5.80	5.60	6.00
Peso unitario (gr/cc)	2.396	-	-
Vacíos aire (%)	4.10	3	5
Estabilidad (Kg)	1110	820	-
V.M.A. (%)	18.00	14	-
V.F.A. (%)	76.00	-	-
Flujo (pulg)	13.30	8	14
Índice de rigidez (Kg/cm)	3375	1700	4000
Estabilidad retenida (%)	91.00	75	-

Fuente: C.A.H Contratistas Generales S.A.

4.2.7 Análisis comparativo de las resistencias bituminosas

A continuación, se muestra un cuadro que resume los datos finales obtenidos en la investigación. Estos datos darán lugar a la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas.

Tabla 21. Características Marshall para pavimento reciclado y convencional

Datos	Pav. Reciclado	Pav. Convencional	Requisitos	
			Mínimo	Máximo
Cemento asfáltico (%)	5.80	5.80	5.60	6.00
Peso unitario (gr/cc)	2.390	2.396	-	-
Vacíos aire (%)	4.00	4.10	3	5
Estabilidad (Kg)	1170	1110	820	-
V.M.A. (%)	16.70	18.00	14	-
V.F.A. (%)	76.10	76.00	-	-
Flujo (pulg)	12.80	13.30	8	14
Índice de rigidez (Kg/cm)	3615	3375	1700	4000
Estabilidad retenida (%)	82.10	91.00	75	-

Elaboración: los autores

La primera apreciación respecto a estos resultados es que ambos pavimentos cumplen las especificaciones técnicas establecidas en la guía de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC – EG 2013. Con esto en consideración, se observa que la principal

característica es la similitud del peso unitario, por lo que no habría problemas de rendimiento al lograr resistencias aceptables con la misma cantidad de material por unidad de medida.

Se observa también que el porcentaje de vacíos del agregado mineral (V.M.A.) es menor en el pavimento reciclado. Esto se debe a la mayor presencia de agregado grueso, ver Tabla 17. Análisis granulométrico de la combinación de agregados para pavimento reciclado y Figura 11.

Respecto al porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico (V.F.A.), se observa una diferencia casi nula de 0.1%. Tomando en cuenta los resultados de V.M.A; se deduce que el pavimento convencional tiene más cemento asfáltico en los vacíos del agregado mineral.

Los resultados de estabilidad y flujo obtenidos denotan que ambos pavimentos reaccionarán de formas similares a las mismas cargas de tránsito a la que sean sometidos. De forma más específica, el pavimento reciclado tendrá una ligera tendencia a fallas por fragilidad; en cambio, el pavimento convencional tendrá una ligera tendencia a deformarse más fácilmente.

El índice de rigidez es mayor en el pavimento reciclado y también confirma los datos de estabilidad y flujo. El pavimento flexible reciclado es más rígido que el convencional, por lo que se flexionará menos, será más frágil y más resistente a la deformación.

Por último, el pavimento flexible convencional presenta mayor resistencia retenida que el pavimento flexible reciclado. Esto nos indica que el pavimento convencional tiene mayor capacidad resiliente en las primeras 24 horas.

4.2.8 Análisis económico de precios unitarios

Para encontrar la diferencia económica del costo de pavimentación entre el pavimento flexible convencional y el pavimento flexible reciclado, es necesario estudiar el proceso de fabricación de ambos pavimentos. Esto es, conocer los materiales, equipos, herramientas y mano de obra que se necesita para ambos procesos.

En el segundo capítulo del presente trabajo se menciona los insumos y equipos que se necesitan para todo el proceso de fabricación, traslado y colocación de pavimentos flexibles convencionales y reciclados.

Respecto a los materiales, la única diferencia radica en la utilización de material asfáltico recuperado para fabricar pavimento flexible reciclado. Del mismo modo, los equipos que se utilizan para la fabricación de ambos pavimentos son los mismos.

Puesto que se considera que el pavimento reciclado será procesado en planta, el flete utilizado en la movilización de material frezado para desmonte será considerado el mismo para ambos pavimentos.

En el caso de la mano de obra, ambos procesos utilizarán la misma cuadrilla.

En resumen, la única diferencia para este caso de análisis se basa en la reutilización de material antiguo y la cantidad que éste permita ahorrar en la fabricación de pavimento flexible nuevo. Por lo tanto, considerando los resultados anteriores tenemos lo siguiente:

1. Se usará material asfáltico recuperado del pavimento antiguo al 15% en la combinación total de agregados minerales.
2. El material asfáltico recuperado aporta un total de 0.84% de cemento asfáltico tipo 60/70 al total de mezcla asfáltica reciclada en caliente.

3. El costo del agregado grueso y fino fue cotizado con la empresa MENESES S.R.L.
4. El costo del cemento asfáltico PEM 60/70 utilizado fue obtenido de PETROPERU S.A.
5. La magnitud del costo del aditivo rejuvenecedor y el aditivo mejorados de adherencia utilizados es despreciable.
6. Los análisis de precios unitarios sólo se enfocan en los materiales utilizados para la fabricación de las mezclas asfálticas en caliente para pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis de precios unitarios:

Tabla 22. Análisis de precios unitarios para el pavimento convencional

Mezcla asfáltica convencional en caliente			Unidad: m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Arena chancada	m3	0.46	85.00	39.10
Piedra chancada	m3	0.28	95.00	26.60
Cemento asfáltico 60/70	galón	33.30	6.03	200.80
Total				S/. 255.50

Elaboración: los autores

Tabla 23. Análisis de precios unitarios para el pavimento reciclado

Mezcla asfáltica reciclada en caliente			Unidad: m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Arena chancada	m3	0.40	85.00	34.00
Piedra chancada	m3	0.28	95.00	26.60
Cemento asfáltico 60/70	galón	28.48	6.03	171.73
Total				S/. 232.33

Elaboración: los autores

A partir de ambas tablas se puede deducir lo siguiente:

1. La mezcla asfáltica reciclada en caliente es 12.82% más barato que el convencional.
2. El mayor ahorro se produce en cemento asfáltico con 14.47% en la variación de costes.
3. El ahorro producido en la piedra chancada es de 0.00%
4. El costo de la arena chancada se reduce en 13.04%; sin embargo, tiene una menor incidencia respecto al cemento asfáltico.
5. De haberse podido utilizar más del 15.00% del material asfáltico recuperado, el número de galones de cemento asfáltico PEM 60/70 ahorrado habría sido hasta 20 por cada metro cúbico de mezcla asfáltica, logrando así un ahorro mayor al 50.00%.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito determinar la diferencia técnico – económica entre el pavimento flexible convencional utilizado en el mejoramiento de carpeta asfáltica de la avenida La Paz, y el pavimento flexible reciclado bajo el aprovechamiento hipotético del pavimento antiguo. Todo esto, con el fin de determinar la viabilidad técnico – económica del pavimento flexible reciclado y motivar de manera técnica el uso de esta tecnología para las obras de rehabilitación vial que se ejecutan en la ciudad de Lima Metropolitana.

Para afirmar o negar las hipótesis se realizaron ensayos de laboratorio tomando en cuenta el Manual de Carreteras MTC EG - 2013. Estos ensayos tuvieron el objetivo último de determinar las resistencias de mezclas bituminosas del pavimento flexible convencional y del pavimento flexible reciclado. Esto es peso unitario, flujo, porcentaje de vacíos, porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico y estabilidad. Estas resistencias son exigidas por norma según el MTC EG – 2013 y EMAPE.

En el desarrollo de la investigación, se demostró el uso del 15% de material recuperado debido a la buena gradación que tenía el mismo. Sin embargo, no se puede utilizar más del 40% del material recuperado para fabricar pavimento reciclado. En otros países como Colombia, es posible el uso de material recuperado hasta 50%. Así lo sustenta la ingeniera Angélica A. Méndez Revollo en su tesis “Evaluación técnica y económica del uso del pavimento asfáltico reciclado (RAP) en vías colombianas”. Méndez también explica que en países como Estados Unidos

y algunos de Europa usan pavimento reciclado hasta 80% de material recuperado.

Respecto al almacenamiento del material, el Manual de Carreteras MTC EG – 2013 indica que no debe ser mayor a 48 horas. Sin embargo, en el desarrollo de la presente investigación se almacenó el material más del tiempo indicado. Pese a esto, los resultados de las resistencias de mezclas bituminosas para el pavimento reciclado no han salido desfavorables, ni presentan diferencias significativas respecto al pavimento flexible convencional.

Con el fin de incentivar el uso de pavimento flexible reciclado, el apartado de tiempo de almacenamiento del material recuperado indicado por el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC EG – 2013, debería ser observado puesto que representaría un problema en la logística de la industrialización de la fabricación de pavimento flexible reciclado.

A pesar de solo usar material recuperado en un 15%, el pavimento flexible reciclado presenta ahorros importantes al momento de fabricar mezclas asfálticas, específicamente en el cemento asfáltico PEN 60/70. En casos en los que se pueda reciclar hasta 40% de material asfáltico antiguo, el pavimento flexible reciclado presentará ahorros mayores al 50% en los costos del cemento asfáltico.

CONCLUSIONES

1. De los resultados obtenidos por los ensayos realizados, se obtuvo que de haber usado pavimento flexible reciclado en el mejoramiento de carpeta asfáltica de la avenida La Paz, se habría ahorrado 12.82% en el costo total de los materiales de la mezcla asfáltica con un ahorro de 14.47% en el costo del cemento asfáltico PEN 60/70.
2. El material recuperado tiene una curva granulométrica muy cercana al mínimo permitido y en algunos tamices sobrepasa el límite establecido. Por lo que es necesario combinar el agregado grueso y fino recuperado con nuevo material pétreo, con una relación de 15% de material recuperado y 85% de material pétreo nuevo.
3. El contenido de cemento asfáltico encontrado en el material recuperado es de 5.60% y representa el 0.84% del contenido de cemento asfáltico total, por lo que se necesita agregar 4.96% extra para la elaboración de pavimento flexible reciclado con cemento asfáltico óptimo de 5.80%.
4. Los resultados del ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando aparato Marshall arrojaron resultados favorables y similares a los obtenidos por la empresa C.A.H Contristas Generales S.A. Por lo que queda demostrada la viabilidad técnica del uso de pavimento flexible reciclado.

RECOMENDACIONES

1. El pavimento flexible fabricado a partir de material recuperado tiene resistencias aceptables según la norma MTC EG – 2013, por lo que es recomendable el uso de esta técnica en otras obras de rehabilitación de pavimentos similares para vías de Lima metropolitana.
2. El pavimento flexible reciclado presenta un ahorro de 12.82% en el costo total de los materiales utilizados, por lo que se debe utilizar esta técnica en otras obras de rehabilitación de pavimentos similares para vías de Lima metropolitana.
3. La norma MTC EG – 2013 no permite un almacenamiento mayor a 48 horas del material recuperado y no presenta alternativas de almacenamiento. Se recomienda el desarrollo de una tesis para determinar la incidencia del almacenamiento mayor a 48 horas en las resistencias del pavimento flexible.
4. La norma MTC EG – 2013 no permite el uso mayor al 40% del material recuperado. Es conveniente el desarrollo de una tesis para determinar la incidencia del uso de material recuperado mayor al 40% en las resistencias del pavimento flexible.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

Chichaiza Sambonino, M. (2013). *Rehabilitación vial con reciclado y emulsión asfáltica con aplicación en las vías de la ciudad de Quito. (Av. Simón Bolívar).* (Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Central del Ecuador).

Leguía, P. y Pacheco, H. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (Pci) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).* (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad San Martín de Porres).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Ensayos de Laboratorio.* Lima, Perú: El Ministerio.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.* Lima, Perú: El Ministerio.

Méndez Revollo, A. (2005). *Evaluación técnica y económica del uso de pavimento asfáltico (RAP) en Vías Colombianas.* (Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Militar Nueva Granada).

Rodríguez, M. y Rodríguez, M. (2004). *Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje Aplicación de la Filosofía Lean* (Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad de El Salvador).

Ruiz J., y Sanabria L., (s.f.). *Estudio de rejuvenecedores de asfaltos utilizados en reciclado de mezclas asfálticas en caliente.* (Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad del Cauca).

Samohod (2016). Apuntes de clases.

Tafur Garro, N. (2005). *Criterios de Evaluación para Reciclado de Mezclas Asfálticas. Aplicación a la Carretera San Mateo – La Oroya Tramo III.* (Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería).

Electrónicas:

Cosapi (noviembre de 2016). *Primera planta móvil de asfalto reciclado llega al Perú.* Recuperado de:

<https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID>

Diario Uno (noviembre de 2016). *Primera planta móvil de asfalto reciclado.*

Recuperado de: <http://diariouno.pe/2016/11/16/primera-planta-movil-de-asfalto-reciclado/>

El Comercio (octubre de 2013). *En la Molina el asfalto se recicla para abrir nuevas Vías.* Recuperado de:

http://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/molina-asfalto-se-recicla-abrir-nuevas-vias_1-noticia-1641326

ANEXOS

1. Matriz de consistencia
2. Contrato de servicio entre el consorcio TOSAN (C.A.H. Contratistas Generales S.A.) y EMAPE S.A.
3. Carta de solicitud de los laboratorios de C.A.H. Contratistas generales S.A.
4. Ensayos de granulometría del material asfáltico recuperado
5. Ensayos de granulometría del agregado mineral para pavimento reciclado
6. Ensayos de granulometría del agregado mineral para pavimento convencional
7. Ficha técnica del aditivo rejuvenecedor
8. Resultados del ensayo Marshall para el pavimento reciclado
9. Diseño de mezcla asfáltica en caliente para pavimento reciclado
10. Resultados del ensayo Marshall para el pavimento convencional
11. Diseño de mezcla asfáltica en caliente para pavimento convencional
12. Lista de precios de asfaltos de Petroperú S.A.
13. Cotización de agregados
14. Resultados de la caracterización de agregados

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL Y PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN LAS CUADRAS 1 - 29 DE LA AVENIDA LA PAZ – SAN MIGUEL – LIMA						
Identificación del Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Medición	Diseño Metodológico
<p>General</p> <p>¿Cuál es la diferencia técnica - económica entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?</p> <p>Específicos</p> <p>1. ¿Cuál es la diferencia del costo de pavimentación entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?</p> <p>2. ¿Cuál es la diferencia en el peso unitario entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?</p> <p>3. ¿Cuál es la diferencia en la estabilidad entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?</p> <p>4. ¿Cuál es la diferencia en el flujo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?</p> <p>5. ¿Cuál es la diferencia en el porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?</p> <p>6. ¿Cuál es la diferencia en el porcentaje de vacíos de aire entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado?</p>	<p>General</p> <p>Determinar la diferencia técnica - económica entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.</p> <p>Específicos</p> <p>1. Determinar la diferencia del costo unitario de repavimentación entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.</p> <p>2. Precisar la diferencia en el peso unitario entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.</p> <p>3. Establecer la diferencia en la estabilidad entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.</p> <p>4. Demostrar la diferencia en el flujo entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.</p> <p>5. Precisar la diferencia en el porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.</p> <p>6. Explicar sobre la diferencia en el porcentaje de vacíos de aire entre el pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado.</p>	<p>General</p> <p>El pavimento flexible reciclado tiene mejor viabilidad técnica - económica que el pavimento flexible convencional.</p> <p>Específicos</p> <p>1. El costo del pavimento flexible reciclado es menor que del pavimento flexible convencional.</p> <p>2. El peso unitario es menor o igual en el pavimento flexible reciclado respecto al pavimento flexible convencional.</p> <p>3. La estabilidad es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.</p> <p>4. El flujo es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.</p> <p>5. El porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico es mayor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.</p> <p>6. El porcentaje de vacíos de aire es menor en el pavimento flexible reciclado que el pavimento flexible convencional.</p>	<p>Dependiente</p> <p>Viabilidad técnica - Económica</p>	<p>Análisis de Precios Unitarios</p> <p>Peso Unitario</p> <p>Estabilidad</p> <p>Flujo</p> <p>Porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico</p> <p>Porcentaje de vacíos</p>	<p>Cuantitativa</p> <p>Cuantitativa</p> <p>Cuantitativa</p> <p>Cuantitativa</p> <p>Cuantitativa</p> <p>Cuantitativa</p>	<p>Análisis de Precios Unitarios</p> <p>Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall</p> <p>Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall</p> <p>Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall</p> <p>Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall</p> <p>Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall</p> <p>Ensayo de Resistencia de Mezclas Bituminosas Empleando el Aparato Marshall</p>
			<p>Independientes</p> <p>Pavimento Flexible Convencional y Pavimento Flexible Reciclado</p>			

ANEXO 2

CONTRATO DE SERVICIO ENTRE EL CONSORCIO TOSAN (C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.) Y EMAPE S.A.



emape s.a.

EMPRESA MUNICIPAL
ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú (2007-2016)"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

CONTRATO N° 352-2016-EMAPE/GCAF

CONTRATACIÓN DE SERVICIO DE
FRESADO Y COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA VÍAS METROPOLITANAS

Concurso Público N° 021-2016-EMAPE/CS
(Primera Convocatoria)

CONSORCIO TOSAN
ING. CARLOS ENRIQUE J. AMOROS MARQUINA
REPRESENTANTE COMÚN

Conste por el presente documento, la **CONTRATACIÓN DE SERVICIO DE FRESADO Y COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA VÍAS METROPOLITANAS** que celebra de una parte:

- **EMPRESA MUNICIPAL ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA S.A.- EMAPE S.A.**, en adelante **LA ENTIDAD**, con Registro Único de Contribuyentes N° 20100063337, con domicilio legal en Av. Vía de Evitamiento N° 1700 (Peaje Monterrico) - Ate, debidamente representada por su Gerente Central de Administración y Finanzas, el señor Jaime Barnett Palomino, identificado con DNI N° 06600464, facultado mediante Resolución de Gerencia General N° 004-2016-EMAPE/GG de fecha 01 de febrero de 2016, a quien en adelante se le denominará **LA ENTIDAD**, y de la otra parte;

- **EL CONSORCIO TOSAN**, conformado por la empresa **MORO S.R.L.** con RUC N° 20140476545, con domicilio legal en Avenida Mariátegui N° 446, distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima, debidamente representada por su Gerente General el señor Edmundo Eduardo Morocho Khan, identificado con DNI N° 09296270, facultado según Poder otorgado e inscrito en el asiento B00002, ampliado en el asiento D0002 y rectificado en el asiento D0003 y D0004, de la Partida N° 00354945 del Registro de Personas Jurídicas de Lima; **JMK CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.** con RUC N° 20507983481, con domicilio legal en avenida Tacna N° 550 – distrito de San Miguel, provincia y departamento de Lima, debidamente representado por su Gerente el señor Jorge Rafael Morocho Khan, identificado con DNI N° 33430132, facultado según Poder otorgado e inscrito en el asiento A00001 de la Partida N° 11614375 del Registro de Personas Jurídicas de Lima; y **C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.**, con RUC N° 20101049711, con domicilio legal en Avenida República de Colombia N° 673, oficina N° 603, distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima, debidamente representado por su Gerente al señor Carlos Enrique Jesús Amoros Marquina, identificado con DNI N° 07278558, facultado según poder otorgado e inscrito en el asiento B0008 de la Partida N° 01372726 del Registro de Personas Jurídicas de Lima;

EL CONSORCIO, señala domicilio legal en Avenida República de Colombia N° 671, oficina N° 603, distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima, debidamente representado por su representante común, al señor Carlos Enrique Jesús Amoros Marquina, identificado con DNI N° 07278558, a quien en adelante se le denominará **EL CONTRATISTA**.

LA ENTIDAD y **EL CONTRATISTA** a quienes en forma colectiva se les denomina **LAS PARTES**, acuerdan según los términos y condiciones siguientes:

Página 1 de 7

Vía de Evitamiento Km. 1.700 (Peaje Monterrico) Central Telefónica: 208-0000
www.emape.gob.pe



emape s.a.

EMPRESA MUNICIPAL
ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú (2007-2016)"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

CLÁUSULA PRIMERA: ANTECEDENTES

Con fecha 29 de noviembre de 2016, el comité de selección adjudicó la buena pro del **Concurso Público N° 021-2016-EMAPE/CS – PRIMERA CONVOCATORIA** para la **CONTRATACIÓN DE SERVICIO DE FRESADO Y COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA VÍAS METROPOLITANAS**, al **CONSORCIO TOSÁN**, cuyos detalles e importe constan en los documentos del procedimiento de selección, que forman parte integrante del presente contrato.

CLÁUSULA SEGUNDA: OBJETO

El presente contrato tiene por objeto la **CONTRATACIÓN DE SERVICIO DE FRESADO Y COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA VÍAS METROPOLITANAS**.

CLÁUSULA TERCERA: MONTO CONTRACTUAL

El monto total del presente contrato asciende a S/. 43'500,275.20 (Cuarenta y Tres Millones Quinientos Mil Doscientos Setenta y Cinco con 00/100 Soles) incluido todos los impuestos de Ley.

Este monto comprende el costo del servicio, todos los tributos e impuestos de Ley creados o por crearse, seguros, transporte, inspecciones, pruebas, así como cualquier otro concepto que pueda tener incidencia sobre la ejecución del servicio materia del presente contrato.

CLÁUSULA CUARTA: DEL PAGO

LA ENTIDAD se obliga a pagar la contraprestación a **EL CONTRATISTA** en moneda nacional Soles, de acuerdo a lo previsto en los Términos de Referencia, luego de la recepción formal y completa de la documentación correspondiente, según lo establecido en el artículo 149° del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

Los abonos se realizarán en la siguiente cuenta:

CCI del Banco de Crédito del Perú

002-193-001315982046-16

La factura deberá ser remitida a nombre de la **MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA**, con RUC N° 20131380951.

De acuerdo a lo previsto en la Cláusula Décima Séptima del Contrato de Consorcio, la facturación estará a cargo del integrante del Consorcio, **C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.**, con RUC N° 20101049711.

Para tal efecto, el responsable de otorgar la conformidad de la prestación deberá hacerlo en un plazo que no excederá de los diez (10) días de producida la recepción.

LA ENTIDAD debe efectuar el pago dentro de los quince (15) días calendario siguiente a la conformidad de los servicios, siempre que se verifiquen las condiciones establecidas en el contrato para ello.

En caso de retraso en el pago por parte de **LA ENTIDAD**, salvo que se deba a caso fortuito o fuerza mayor, **EL CONTRATISTA** tendrá derecho al pago de intereses legales conforme a lo establecido en el artículo 39° de la Ley de Contrataciones del Estado y en el artículo 149° de su Reglamento, los que se computan desde la oportunidad en que el pago debió efectuarse.

CLÁUSULA QUINTA: DEL PLAZO DE LA EJECUCIÓN DE LA PRESTACIÓN

El plazo de ejecución del presente contrato es de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario (un año), computados desde el día en que la Gerencia de Mantenimiento Vial comuniqué el inicio del plazo de ejecución o hasta culminar el metrado solicitado, lo que ocurra primero, conforme lo previsto en los Términos de Referencia.

Página 2 de 7

Vía de Evitamiento Km. 1.700 (Peaje Monterrico) Central Telefónica: 208-0000
www.emape.gob.pe

CONSORCIO TOSÁN
ING. CARLOS ENRIQUE J. AMOROS MARQUINA
REPRESENTANTE COMÚN





emape s.a.

EMPRESA MUNICIPAL
ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú (2007-2016)"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

CLÁUSULA SEXTA: PARTES INTEGRANTES DEL CONTRATO

El presente contrato está conformado por las bases integradas, la oferta ganadora y los documentos derivados del proceso de selección que establezcan obligaciones para las partes.

CLÁUSULA SÉTIMA: GARANTÍAS

respectiva garantía solidaria, irrevocable, incondicional y de realización automática a sólo requerimiento, a favor de **LA ENTIDAD**, por los conceptos, importes y vigencias siguientes:

- Garantía de Fiel Cumplimiento: S/. 2'175,013.76 (Dos Millones Ciento Setenta y Cinco Mil Trece y 76/100 Soles), a través de la Carta Fianza N° 0011-0378-9800249639-70 emitida por el Banco BBVA Continental, con una vigencia del 06 de diciembre de 2016 hasta el 31 de diciembre de 2017, la misma que deberá mantenerse vigente hasta la conformidad de la recepción de la prestación.
- Garantía de Fiel Cumplimiento: S/. 1'348,508.53 (Un Millón Trescientos Cuarenta Mil Quinientos Ocho y 53/100 Soles), a través de la Carta Fianza N° 0011-0307-9800077407-69 emitida por el Banco BBVA Continental, con una vigencia del 06 de diciembre de 2016 hasta el 05 de enero de 2018, la misma que deberá mantenerse vigente hasta la conformidad de la recepción de la prestación.
- Garantía de Fiel Cumplimiento: S/. 826,505.23 (Ochocientos Veintiséis Mil Quinientos Cinco y 23/100 Soles), a través de la Carta Fianza N° 0011-0384-9800241266-50 emitida por el Banco BBVA Continental, con una vigencia del 19 de diciembre de 2016 hasta el 05 de enero de 2018, la misma que deberá mantenerse vigente hasta la conformidad de la recepción de la prestación.

CONSORCIO TOSÁN
ING. CARLOS ENRIQUE J. AMORÓS MARQUINA
REPRESENTANTE COMÚN



CLÁUSULA OCTAVA: EJECUCIÓN DE GARANTÍAS POR FALTA DE RENOVACIÓN

LA ENTIDAD está facultada para ejecutar las garantías cuando **EL CONTRATISTA** no cumpliera con renovarlas, conforme a lo dispuesto por el artículo 164° del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

CLÁUSULA NOVENA: CONFORMIDAD DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

La conformidad de la prestación del servicio se regula por lo dispuesto en el artículo 143° del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado. La conformidad será otorgada por la Gerencia de Mantenimiento Vial.



De existir observaciones, **LA ENTIDAD** debe comunicar las mismas a **EL CONTRATISTA**, indicando claramente el sentido de estas, otorgándole un plazo para subsanar no menor de cinco (5) ni mayor de veinte (20) días, dependiendo de la complejidad. Si pese al plazo otorgado, **EL CONTRATISTA** no cumpliera a cabalidad con la subsanación, **LA ENTIDAD** puede resolver el contrato, sin perjuicio de aplicar las penalidades que correspondan, desde el vencimiento del plazo para subsanar.



Este procedimiento no resulta aplicable cuando el servicio manifiestamente no cumpla con las características y condiciones ofrecidas, en cuyo caso **LA ENTIDAD** no otorga la conformidad, según corresponda, debiendo considerarse como no ejecutada la prestación, aplicándose las penalidades respectivas.

CLÁUSULA DÉCIMA: DECLARACIÓN JURADA DEL CONTRATISTA

EL CONTRATISTA declara bajo juramento que se compromete a cumplir las obligaciones derivadas del presente contrato, bajo sanción de quedar inhabilitado para contratar con el Estado en caso de incumplimiento.



emape s.a.

EMPRESA MUNICIPAL
ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú (2007-2016)"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

CLÁUSULA DÉCIMA PRIMERA: RESPONSABILIDAD POR VICIOS OCULTOS

La conformidad del servicio por parte de LA ENTIDAD no enerva su derecho a reclamar posteriormente por defectos o vicios ocultos, conforme a lo dispuesto por los artículos 40° de la Ley de Contrataciones del Estado y 146° de su Reglamento.

El plazo máximo de responsabilidad del contratista es de UN (01) año contado a partir de la conformidad otorgada por LA ENTIDAD.

CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA: PENALIDADES

Si EL CONTRATISTA incurre en retraso injustificado en la ejecución de las prestaciones objeto del contrato, LA ENTIDAD le aplica automáticamente una penalidad por mora por cada día de atraso, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Penalidad Diaria} = \frac{0.10 \times \text{Monto}}{F \times \text{Plazo en días}}$$

Donde:

- F = 0.25 para plazos mayores a sesenta (60) días o;
- F = 0.40 para plazos menores o iguales a sesenta (60) días.

Adicionalmente a la penalidad por mora se aplicarán las siguientes penalidades:

El contratista dispondrá como mínimo del equipo de mantenimiento y control de tránsito por cada frente de trabajo que se resume en el cuadro siguiente, en caso de no cumplirse, EMAPE S.A. descontará a EL CONTRATISTA por incumplimiento al mantenimiento y control de tránsito de acuerdo al cuadro adjunto por cada frente de trabajo:

DESCRIPCIÓN	NÚMERO MÍNIMO REQUERIDO (*)	PENALIDAD POR INCUMPLIMIENTO POR DÍA
Personal con chaleco reflectivo y banderillas	02	3% UIT
Panel tipo tijera con logotipo de EMAPE S.A.	12	3% UIT
Señales restrictivas forma rectangular	03	3% UIT
Señales restrictivas forma romboidal	09	3% UIT
Barreras PVC ó Tranquera con luces intermitentes y de advertencia	02	3% UIT
Cono PVC con láminas reflectivas	50	3% UIT
Estructura biposte móvil reflectivo grado diamante	02	3% UIT
Cilindros PVC con luces de identificación de peligro y láminas reflectivas	06	3% UIT
Flecha luminaria dinámica direccional (para trabajo nocturno)	02	3% UIT
Circulinas para vehículos y maquinaria	06	3% UIT
Varas estroboscópicas	06	3% UIT

El inspector evaluará diariamente la usencia o mal estado de algún elemento de señalización, información o d seguridad, la factibilidad de inicio de los trabajos en las condiciones presentes o la

Página 4 de 7

Vía de Evitamiento Km. 1.700 (Peaje Monterrico) Central Telefónica: 208-0000
www.emape.gob.pe

CONSORCIO TOSÁN

ING. CARLOS ENRIQUE J. AMOROS MARQUINA
REPRESENTANTE COMÚN





emape s.a.

EMPRESA MUNICIPAL
ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú (2007-2016)"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

suspensión de los mismos previa aplicación de la penalidad correspondiente. Asimismo, ordenará la reposición inmediata de los elementos de señalización que estén en mal estado.

Asimismo, se aplicará la siguiente escala de penalidades por las siguientes faltas por cada frente de trabajo:

RUBROS	PENALIDAD DIARIA (S/.)
Retraso en el inicio de los servicios parciales (A partir de 48 horas después de la entrega de carta de EMape S.A. para inicio del servicio)	250.00
No obediencia a las indicaciones del inspector de la Entidad.	150.00
Falta de equipos de protección personal del personal obrero (por obrero)	100.00
Reemplazo o ausencia en campo del jefe del servicio sin autorización del Inspector, durante la intervención	300.00
Reemplazo o ausencia en campo de los operarios autorizados sin autorización del Inspector (por cada uno)	150.00
Falta de vestimenta reflectiva (por obrero)	100.00
Demora en la eliminación de material excedente	200.00
Falla o desperfecto de los equipos, vehículos o maquinarias antes o durante la jornada de trabajo (por cada vez)	200.00
Torre de iluminación móvil 4000 vatios (para trabajos nocturnos)	300.00

(*) Se incrementarán de acuerdo a la importancia de la vía. El monto de la multa se determinará aplicando el porcentaje a la factura total de EL CONTRATISTA presentada en el mes correspondiente a la infracción, e incluirá IGV.

Tanto el monto como el plazo se refieren, según corresponda, al contrato o ítem que debió ejecutarse o en caso que estos involucraran obligaciones de ejecución periódica, a la prestación parcial que fuera materia de retraso.

Se considera justificado el retraso, cuando **EL CONTRATISTA** acredite, de modo objetivamente sustentado, que el mayor tiempo transcurrido no le resulta imputable. Esta calificación del retraso como justificado no da lugar al pago de gastos generales de ningún tipo, conforme el artículo 133 del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

Esta(s) penalidad(es) se deduce(n) de los pagos a cuenta o del pago final, según corresponda; o si fuera necesario, se cobra del monto resultante de la ejecución de la garantía de fiel cumplimiento.

Cuando se llegue a cubrir el monto máximo de la penalidad por mora o el monto máximo para otras penalidades, de ser el caso, **LA ENTIDAD** puede resolver el contrato por incumplimiento.

CLÁUSULA DÉCIMA TERCERA: ADELANTO DIRECTO
LA ENTIDAD otorgará un único adelanto directo hasta el 30% del monto del contrato original.

EL CONTRATISTA debe solicitar formalmente el adelanto dentro de los siete (07) días calendarios siguientes a la suscripción del Contrato, adjuntando a su solicitud la garantía por adelanto mediante Carta Fianza y el comprobante de pago correspondiente. **LA ENTIDAD** debe entregar el monto solicitado dentro de los siete (7) días siguientes a la presentación de la solicitud de **EL CONTRATISTA**. La cancelación del adelanto no es condición para el inicio del plazo de ejecución.

Dicho adelanto será descontado proporcionalmente, en cada valorización, hasta su total

CONDOMINIO TOSÁN
NG. CARLOS ENRIQUE J. AMOROS-MARQUINA
REPRESENTANTE COMÚN





emape s.a.

EMPRESA MUNICIPAL
ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú (2007-2016)"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

cancelación.

Vencido el plazo para solicitar el adelanto no procederá la solicitud.

CLÁUSULA DÉCIMA CUARTA: RESOLUCIÓN DEL CONTRATO

Cualquiera de las partes puede resolver el contrato, de conformidad con los artículos 32º, inciso c), y 36º de la Ley de Contrataciones del Estado, y el artículo 135º de su Reglamento. De darse el caso, **LA ENTIDAD** procederá de acuerdo a lo establecido en el artículo 136º y 177º del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

CLÁUSULA DÉCIMA QUINTA: RESPONSABILIDAD DE LAS PARTES

Quando se resuelva el contrato por causas imputables a algunas de las partes, se debe resarcir los daños y perjuicios ocasionados, a través de la indemnización correspondiente. Ello no obsta la aplicación de las sanciones administrativas, penales y pecuniarias a que dicho incumplimiento diere lugar, en el caso que éstas correspondan.

Lo señalado precedentemente no exime a ninguna de las partes del cumplimiento de las demás obligaciones previstas en el presente contrato.

CLÁUSULA DÉCIMA SEXTA: MARCO LEGAL DEL CONTRATO

Sólo en lo no previsto en este contrato, en la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento, en las directivas que emita el OSCE y demás normativa especial que resulte aplicable, serán de aplicación supletoria las disposiciones pertinentes del Código Civil vigente, cuando corresponda, y demás normas de derecho privado.

CLÁUSULA DÉCIMA SÉTIMA: SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Las controversias que surjan entre las partes durante la ejecución del contrato se resuelven mediante conciliación o arbitraje, según el acuerdo de las partes.

Cualquiera de las partes tiene derecho a iniciar el arbitraje a fin de resolver dichas controversias dentro del plazo de caducidad previsto en los artículos 122º, 137º, 140º, 143º, 146º, 147º y 149º del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado o, en su defecto, en el inciso 45.2 del artículo 45 de la Ley de Contrataciones del Estado. El arbitraje será El arbitraje será de tipo Ad Hoc ante Arbitro Único.

Facultativamente, cualquiera de las partes tiene el derecho a solicitar una conciliación dentro del plazo de caducidad correspondiente, según lo señalado en el artículo 183º del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, sin perjuicio de recurrir al arbitraje, en caso no se llegue a un acuerdo entre ambas partes o se llegue a un acuerdo parcial. Las controversias sobre nulidad del contrato solo pueden ser sometidas a arbitraje.

El Laudo arbitral emitido es inapelable, definitivo y obligatorio para las partes desde el momento de su notificación, según lo previsto en el inciso 45.9 del artículo 45º de la Ley de Contrataciones del Estado.

CLÁUSULA DÉCIMO OCTAVA: FACULTAD DE ELEVAR A ESCRITURA PÚBLICA

Cualquiera de las partes puede elevar el presente contrato a Escritura Pública corriendo con todos los gastos que demande esta formalidad.

CLÁUSULA DÉCIMO NOVENA: DOMICILIO PARA EFECTOS DE LA EJECUCIÓN CONTRACTUAL

Las partes declaran el siguiente domicilio para efecto de las notificaciones que se realicen durante la ejecución del presente contrato:

Página 6 de 7

Vía de Evitamiento Km. 1.700 (Peaje Monterrico) Central Telefónica: 208-0000
www.emape.gob.pe

CONSORCIO TOSÁN
ING. CARLOS ENRIQUE J. AMOROS MARQUINA
REPRESENTANTE COMÚN





emape s.a.

EMPRESA MUNICIPAL
ADMINISTRADORA DE PEAJE DE LIMA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú (2007-2016)"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

DOMICILIO DE LA ENTIDAD: Av. Vía de Evitamiento N° 1700 (Peaje Monterrico) - Ate
DOMICILIO DEL CONTRATISTA: Avenida República de Colombia N° 673, oficina N° 603, distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima.

La variación del domicilio aquí declarado de alguna de las partes debe ser comunicada a la otra parte, formalmente y por escrito, con una anticipación no menor de quince (15) días calendario.

De acuerdo con las bases integradas, la oferta y las disposiciones del presente contrato, las partes lo firman por duplicado en señal de conformidad en la ciudad de Lima, a los veintiún (21) días del mes de diciembre de 2016.

MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA
Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima S.A.

CPC. JAIME BARNETT PALOMINO
REGISTRO N° 14800744

"LA ENTIDAD"

CONSORCIO TOSÁN

ING. CARLOS ENRIQUE J. AMOROS MARQUINA
REPRESENTANTE COMÚN
"EL CONTRATISTA"



Página 7 de 7

Vía de Evitamiento Km. 1.700 (Peaje Monterrico) Central Telefónica: 208-0000
www.emape.gob.pe

ANEXO 3

CARTA DE SOLICITUD DE LOS LABORATORIOS DE C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.

Lima, 04 de septiembre de 2017

Señor

Carlos Amoroso Marquina
Gerente General de CAH Contratistas Generales S.A.
Av. República de Colombia 671, San Isidro

Por medio de la presente tenemos el agrado de saludarlo y al mismo tiempo manifestarle lo siguiente:

Somos alumnos de la Universidad de San Martín de Porres quienes nos encontramos desarrollando nuestro Proyecto de Tesis "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL Y PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN LAS CUADRAS 1 A 33 DE LA AVENIDA LA PAZ – SAN MIGUEL – LIMA" para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Nuestro objetivo principal es demostrar la viabilidad técnica-económica del pavimento flexible reciclado. Motivo por el cual se necesita realizar ensayos de laboratorio con muestras de pavimento fresado de la avenida La Paz. En la actualidad estamos coordinando con el ingeniero Iván Chávez Roldán para orientarnos respecto al tema de investigación que nos encontramos desarrollando.

Por tal motivo, solicitamos encarecidamente apoyo con la asesoría técnica de vuestro laboratorio para la realización de los ensayos necesarios para la ejecución de nuestro proyecto de tesis.

Sin otro particular quedamos de usted.

P.D. Anexamos Cronograma y Matriz de Consistencia del Proyecto de Tesis.

Atentamente.


José Asael Rengifo Gonzales
DNI: 70421176


Miguel Ángel Vargas Villaca
DNI: 45505577


Ing. Juan M. Obaltes, Santa Monica
Profesor de Taller

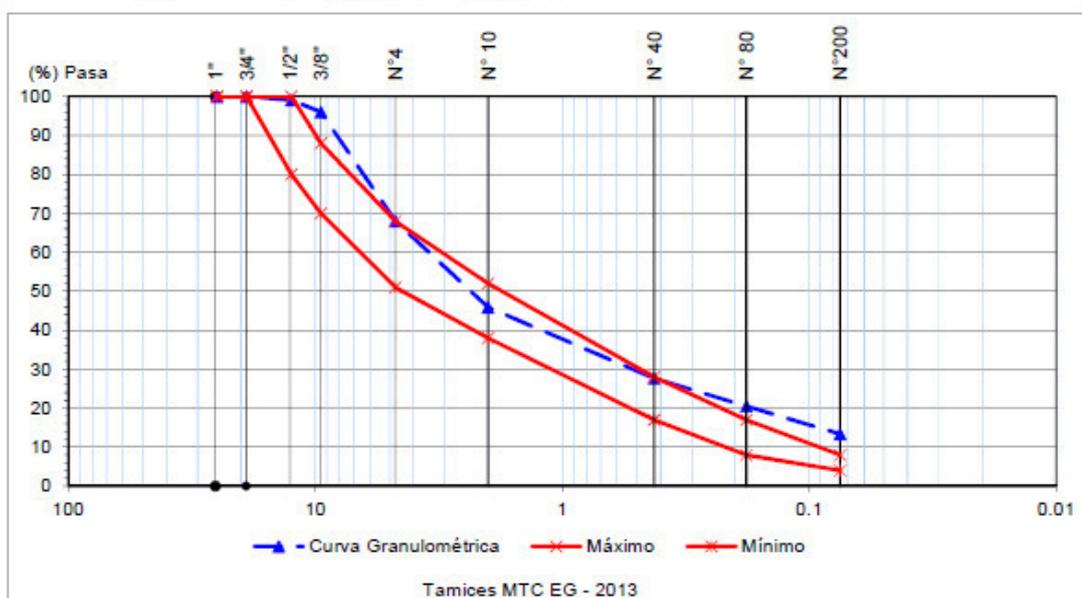
ANEXO 4

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL ASFÁLTICO RECUPERADO

Análisis Granulométrico
(NORMA DE ENSAYO: MTC E 503)

Datos de la Muestra	
Identificación:	Material Asfáltico Recuperado - Muestra 1
Procedencia:	Av. La Paz - San Miguel - Lima

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	11.30	0.94	0.94	99.06	80	100
3/8"	9.50	36.70	3.05	3.99	96.01	70	88
Nº 4	4.75	336.30	27.96	31.96	68.04	51	68
Nº 10	2.00	266.30	22.14	54.10	45.90	38	52
Nº 40	0.43	219.20	18.23	72.33	27.67	17	28
Nº 80	0.18	86.10	7.16	79.49	20.51	8	17
Nº 200	0.08	86.00	7.15	86.64	13.36	4	8
Fondo	0.00	160.70	13.36	100.00	0.00	0	0
Total		1202.60	100.00				



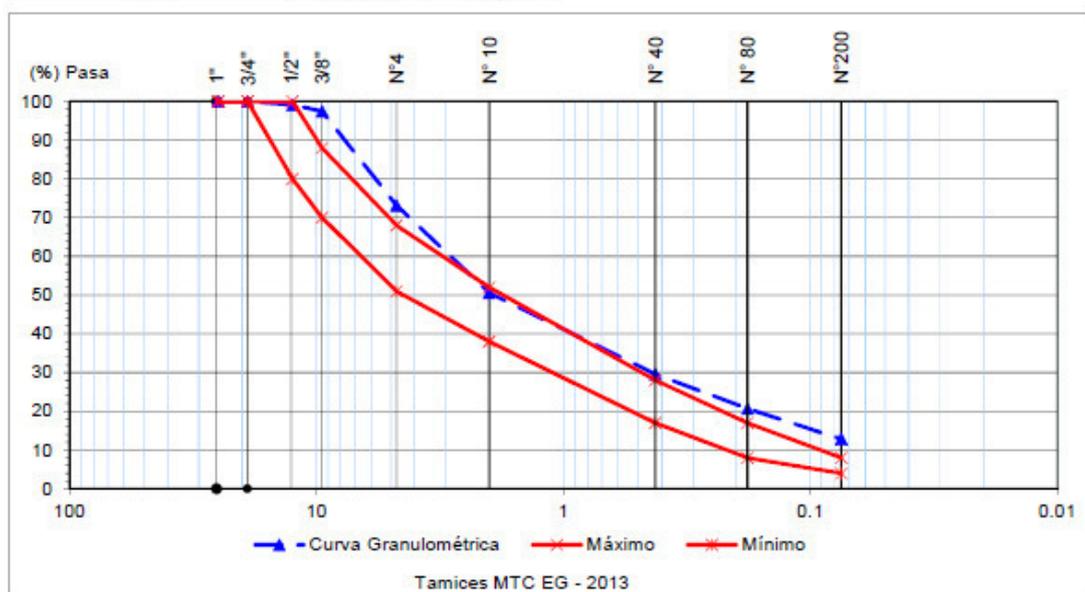
Análisis Granulométrico

(NORMA DE ENSAYO: MTC E 503)

Datos de la Muestra

Identificación: Material Asfáltico Recuperado - Muestra 2
 Procedencia: Av. La Paz - San Miguel - Lima

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	10.10	0.88	0.88	99.12	80	100
3/8"	9.50	19.20	1.67	2.56	97.44	70	88
Nº 4	4.75	278.40	24.28	26.84	73.16	51	68
Nº 10	2.00	258.30	22.53	49.37	50.63	38	52
Nº 40	0.43	241.40	21.06	70.42	29.58	17	28
Nº 80	0.18	102.00	8.90	79.32	20.68	8	17
Nº 200	0.08	90.10	7.86	87.18	12.82	4	8
Fondo	0.00	147.00	12.82	100.00	0.00	0	0
Total		1146.50	100.00				



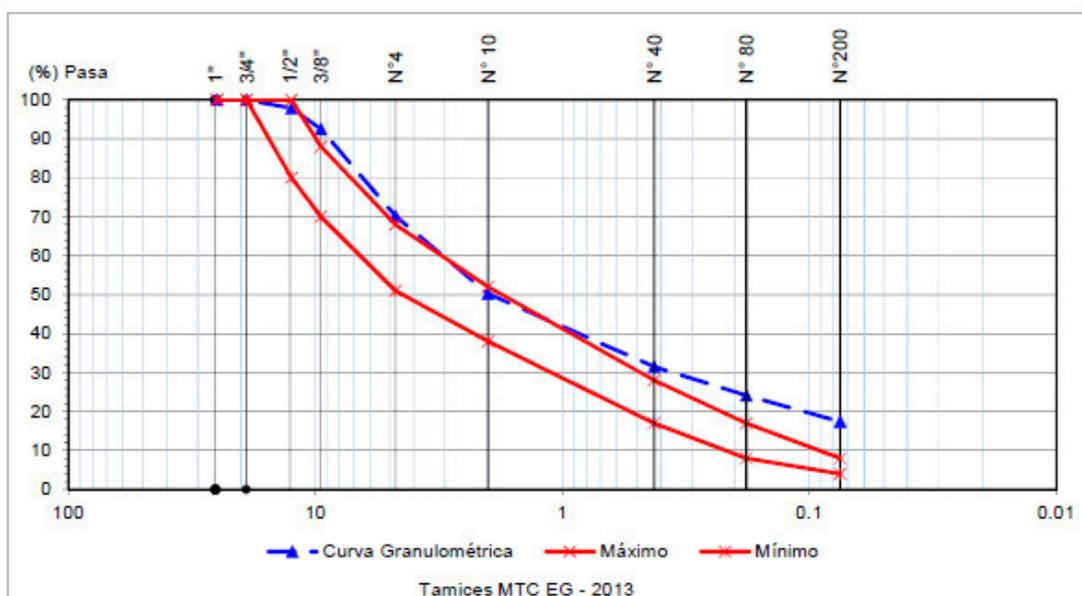
Análisis Granulométrico

(NORMA DE ENSAYO: MTC E 503)

Datos de la Muestra

Identificación: Material Asfáltico Recuperado - Muestra 3
 Procedencia: Av. La Paz - San Miguel - Lima

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	26.90	2.14	2.14	97.86	80	100
3/8"	9.50	68.00	5.40	7.54	92.46	70	88
Nº 4	4.75	280.40	22.26	29.80	70.20	51	68
Nº 10	2.00	251.50	19.97	49.77	50.23	38	52
Nº 40	0.43	236.10	18.75	68.52	31.48	17	28
Nº 80	0.18	92.40	7.34	75.85	24.15	8	17
Nº 200	0.08	85.00	6.75	82.60	17.40	4	8
Fondo	0.00	219.10	17.40	100.00	0.00	0	0
Total		1259.40	100.00				



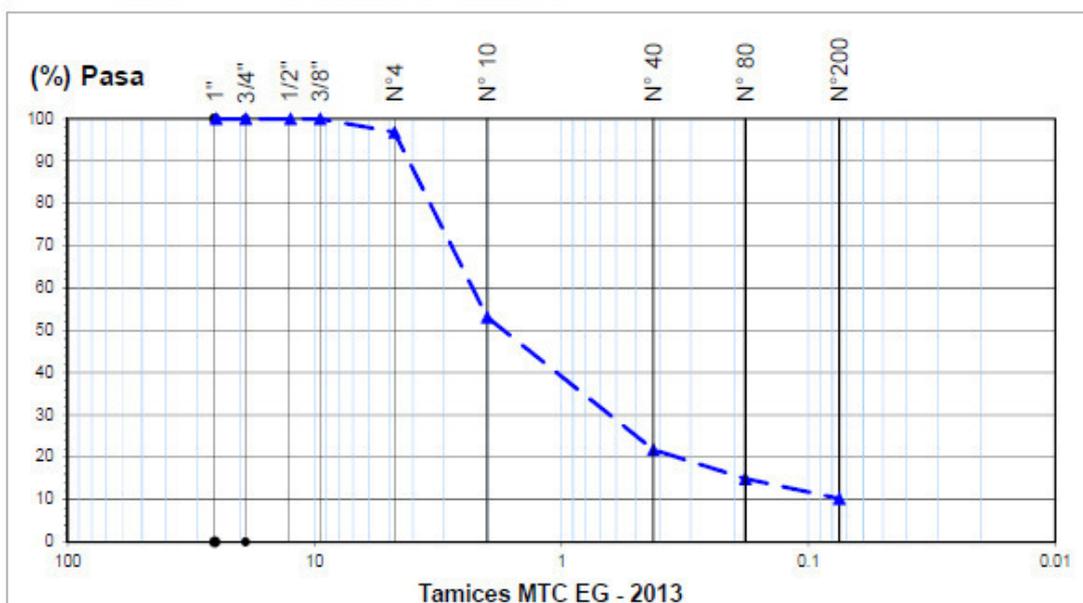
ANEXO 5

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO MINERAL PARA PAVIMENTO RECICLADO

Análisis Granulométrico
(NORMA DE ENSAYO: MTC E 503)

Datos de la Muestra	
Identificación:	Arena Chancada
Procedencia:	Cantera Santa Clara

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	80	100
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	70	88
Nº 4	4.75	52.80	3.17	3.17	96.83	51	68
Nº 10	2.00	727.90	43.74	46.91	53.09	38	52
Nº 40	0.43	520.60	31.28	78.19	21.81	17	28
Nº 80	0.18	114.20	6.86	85.05	14.95	8	17
Nº 200	0.08	78.30	4.70	89.76	10.24	4	8
Fondo	0.00	170.50	10.24	100.00	0.00	0	0
Total		1664.30	100.00				



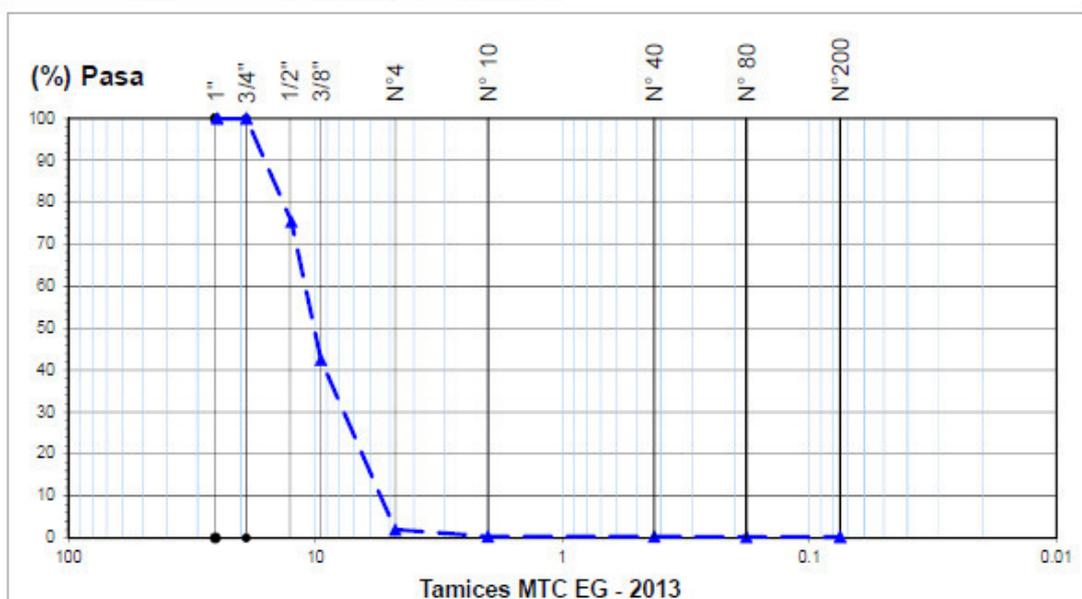
Análisis Granulométrico

(NORMA DE ENSAYO: MTC E 503)

Datos de la Muestra

Identificación: Piedra Chancada
 Procedencia: Cantera T Y R

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Ret. Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	856.00	24.53	24.53	75.47	80	100
3/8"	9.50	1152.30	33.02	57.55	42.45	70	88
Nº 4	4.75	1411.40	40.45	98.00	2.00	51	68
Nº 10	2.00	57.10	1.64	99.64	0.36	38	52
Nº 40	0.43	1.10	0.03	99.67	0.33	17	28
Nº 80	0.18	1.00	0.03	99.70	0.30	8	17
Nº 200	0.08	1.00	0.03	99.73	0.27	4	8
Fondo	0.00	9.54	0.27	100.00	0.00	0	0
Total		3489.44	100.00				



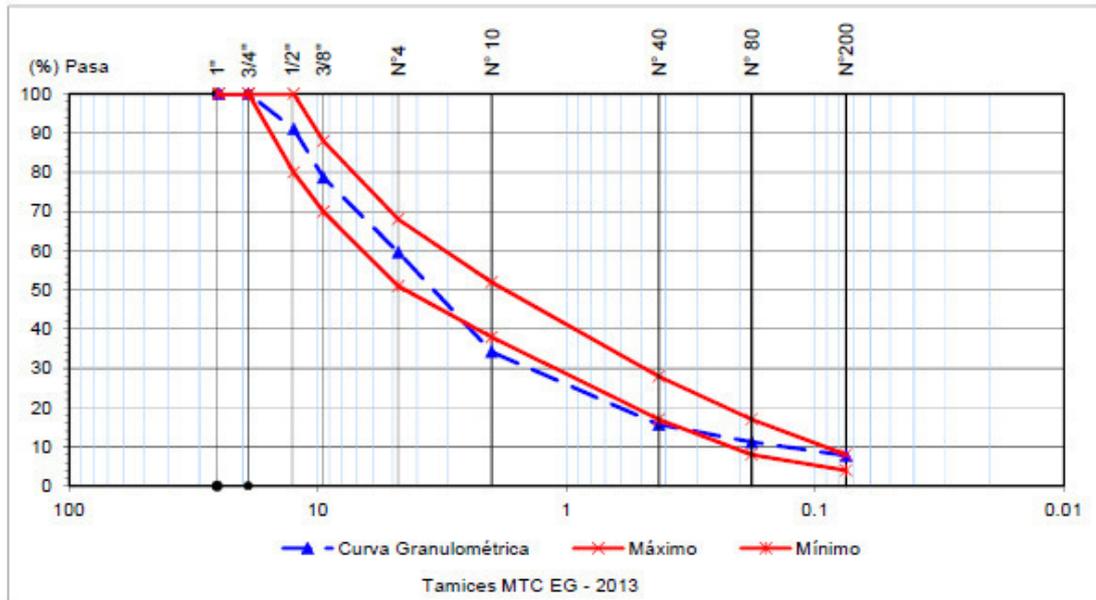
Análisis Granulométrico

(NORMA DE ENSAYO: MTC E 503)

Datos de la Muestra

Identificación: Piedra Chancada 35% - Arena Chancada 50% - Material Afáltico Recuperado 15%
 Procedencia: Varios

Tamiz	Abertura (mm)	Piedra Chancada (%)	Arena Chancada (%)	Mat. Asf. Recuperado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Especificación MAC - 2 (%)	
						Mínimo	Máximo
1"	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
1/2"	12.50	75.47	100.00	97.86	91.10	80	100
3/8"	9.50	42.45	100.00	92.46	78.70	70	88
Nº 4	4.75	2.00	96.83	70.20	59.60	51	68
Nº 10	2.00	0.36	53.09	50.23	34.20	38	52
Nº 40	0.43	0.33	21.81	31.48	15.70	17	28
Nº 80	0.18	0.30	14.95	24.15	11.20	8	17
Nº 200	0.08	0.27	10.24	17.40	7.80	4	8
Fondo	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0



ANEXO 6

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO MINERAL PARA PAVIMENTO CONVENCIONAL

CAH

Contratistas Generales S.A

45 AÑOS DE EXPERIENCIA

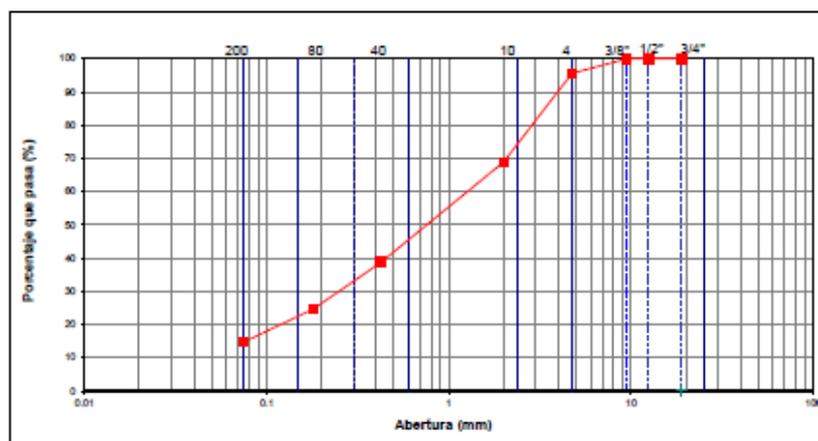
ESPECIALISTAS EN PAVIMENTACION, ASFALTOS EMULSIONADOS Y MODIFICADOS CON POLIMEROS Y OBRAS EN GENERAL

REPORTE DE ENSAYO PAC-LAB N°001-2017- 1/9

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
NORMA MTC E 503

DATOS GENERALES	
CLIENTE :	
UBICACIÓN	
OBRA	
DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-II
MATERIAL :	ARENA CHANCADA
CANTERA :	SANTA CLARA
FECHA :	09/09/17

ENSAYO GRANULOMETRICO-MTC-E 503				L.A.MTC-E 502	
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC-2	OBSERVACIONES	
1 1/4"	31.250	100.0	100		
1"	25.400	100.0	100		
3/4"	19.000	100.0	100		
1/2"	12.500	100.0	80 - 100	Fecha	sábado, 09 de septiembre de 2017
3/8"	9.500	100.0	70 - 88		
Nº 4	4.750	95.6	51 - 68		
Nº 10	2.000	68.9	38 - 52		
Nº 40	0.425	38.7	17 - 28		
Nº 80	0.180	24.6	8 - 17		
Nº 200	0.075	14.7	4 - 8		



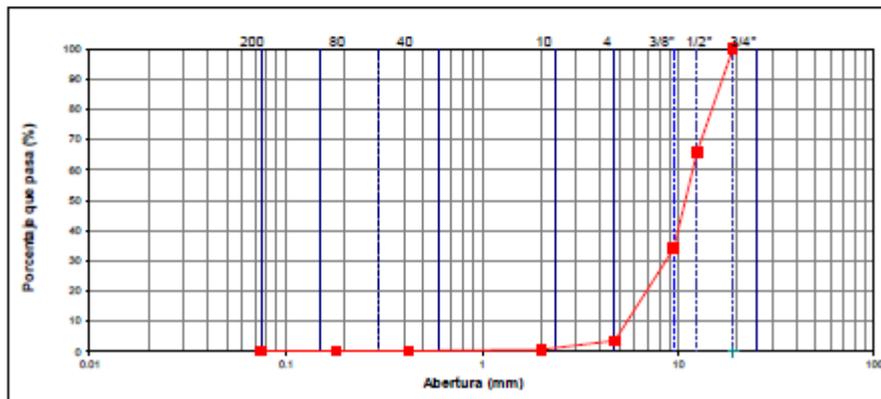
REPORTE DE ENSAYO PAC-LAB N°001-2017- 2/9

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA MTC E 503

DATOS GENERALES	
CLIENTE :	
UBICACIÓN	
OBRA	

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-II
MATERIAL	PIEDRA DE 1/2" HUSO 67
CANTERA	: T Y R
FECHA	: 09/09/17

ENSAYO GRANULOMETRICO-MTC-E 503				L.A.MTC-E 502	
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC-2	OBSERVACIONES	
1 1/4"	31.250	100.0	100		
1"	25.400	100.0	100		
3/4"	19.000	100.0	100		
1/2"	12.500	66.1	80 - 100	Fecha	sábado, 09 de septiembre de 2017
3/8"	9.500	34.0	70 - 88		
N° 4	4.750	3.6	51 - 68		
N° 10	2.000	0.6	38 - 52		
N° 40	0.425	0.2	17 - 28		
N° 80	0.180	0.2	8 - 17		
N° 200	0.075	0.2	4 - 8		



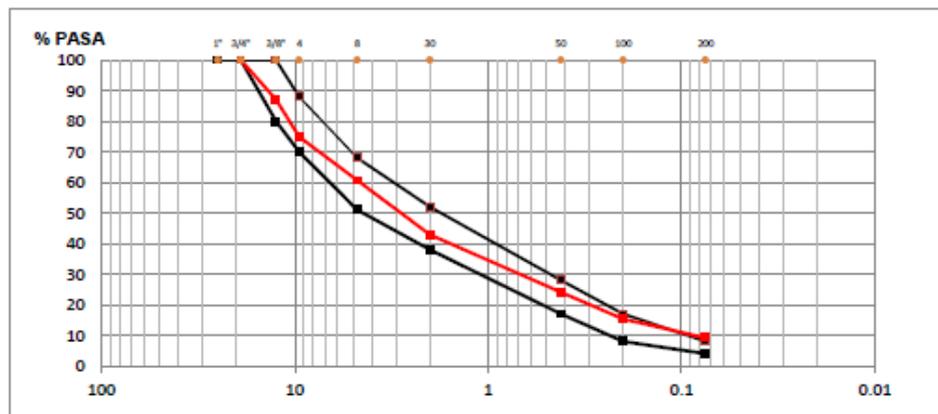
REPORTE DE ENSAYO PAC-LAB N°001-2017- 3/9

ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA

DATOS GENERALES	
CLIENTE	
UBICACIÓN	
OBRA	

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO	: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-II
MATERIAL (A)	: PIEDRA DE 1/2" CANTERA TYR
MATERIAL (B)	: ARENA CHANCADA - CANTERA SANTA CLARA
FECHA	: 09/09/17

TAMIZ ASTM	MATERIAL A 38%	MATERIAL B 62%	MEZCLA 100%	ESPECIFICACION MAC-II	TAMAÑO MAXIMO: 3/4"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1-1/2"	100.0	100.0	1.0	100	Mezcla Tipo : MAC-II Peso Especifico Piedra: 2.81 Peso Especifico Arena: 2.71	
1"	100.0	100.0	100.0	100		
3/4"	100.0	100.0	100.0	100		
1/2"	66.1	100.0	87.1	80-100		
3/8"	34.0	100.0	74.9	70-88		
N° 4	3.6	95.6	60.6	51-68		
N° 10	0.6	68.9	42.9	38-52		
N° 40	0.2	38.7	24.1	17-28		
N° 80	0.2	24.6	15.3	8-17		
N° 200	0.2	14.7	9.2	4-8		



ANEXO 7

FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO REJUVENECEDOR



|los aditivos para el asfalto|
ficha técnica laboratorio Iterchimica|



ITERLENE ACF 1000 GREEN REGENERANTE PARA BETUNES

1. APLICACIÓN

ITERLENE ACF 1000 GREEN Es un aditivo líquido polifuncional de alto poder regenerador de nueva generación, no contiene aceites aromáticos, muy peligrosos para la salud humana. Además, el producto tiene un bajo impacto odorífero.

ITERLENE ACF 1000 GREEN se compone de diferentes componentes químicos, es un antioxidante, plastificante, regenerador, humectante, diluyente y dispersante. Respecto al betún, es un mejorador de adherencia.

El producto permite "regenerar" de manera eficiente el betún contenido en el material fresado utilizado en la producción de los conglomerados bituminosos y se dosifica directamente en el ligante mediante la adición en los tanques de almacenamiento o en línea durante el ciclo de producción, mediante el uso de un dosificador adecuado.

2. DOSIFICACIÓN

El porcentaje de producto debe ser igual a **0,20 + 0,40%** del peso del fresado utilizado.

La dosificación del ITERLENE ACF 1000 GREEN varía en función del porcentaje del material fresado agregado al conglomerado bituminoso y de las condiciones operativas en obra (temperatura, distancia del sitio, la humedad del fresado, etc.).

química innovadora para el asfalto | www.iterchimica.com

Las informaciones aquí contenidas están basadas en nuestro conocimiento y nuestras experiencias actuales. No pueden, en ningún caso, constituir una garantía de parte de nosotros, o responsabilidad por el uso de nuestros productos estando fuera de nuestro control las condiciones de empleo.

ITERCHIMICA s.r.l. Via G. Marconi 21 - 24040 Suisio (Bergamo) ITALIA - ph+39 035 901121 Fax +39 035 902734 www.iterchimica.it e-mail: info@iterchimica.it
ITERCHIMICA ROMANIA, Bucarest | ITERVEN 99, Caracas-Venezuela | ITERCHIMICA NORTH AMERICA, Toronto-Canada
cap soc. € 1.000.000 C.F. e P.I.00226570166 R.E.A.N.128485/C.C.I.A.A.BG.UH.Reg.Impr.Trib.BG.N.6895 Reg.Soc. (Volume 5846)



3. COMPOSICIÓN

Mezcla de poliaminas modificadas y aceites vegetales.

4. PROPIEDADES FÍSICAS

Aspecto	líquido fluido
Color	marrón
Densidad aparente a 20°C	0,8 ± 0,1 g/cm ³
Viscosidad 25°C	60 ± 10 cP
punto de inflamación	> 150°C
Pour Point	≥ - 5°C

5. ALMACENAMIENTO

Posiblemente en ambientes protegidos de la intemperie.

6. PRESENTACIÓN

En tambores de 200 kg o tanques de 950 kg.

7. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Consultar la hoja de seguridad del producto.

REV 00-17

química innovadora para el asfalto | www.iterchimica.com

ITERCHIMICA s.r.l Via G. Marconi 21 - 24040 Suisio (Bergamo) ITALIA - ph +39 035 901121 Fax +39 035 902734 www.iterchimica.it e-mail: info@iterchimica.it
ITERCHIMICA ROMANIA, Bucarest | ITERVEN 99, Caracas-Venezuela | ITERCHIMICA NORTH AMERICA, Toronto-Canada
cap soc. € 1.000.000 C.F. e P.I.00225670196 R.E.A.N.128486(C.C.I.A.A.BG Uff.Reg.Impr.Trib BG N.6695 Reg.Soc. (Volume 5846)

ANEXO 8

RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL PARA EL PAVIMENTO RECICLADO

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	
OBRA	
SOLICITANTE	HECHO POR
UBICACIÓN	ING. RESP.
MATERIAL	FECHA
PROCEDENCIA	CODIGO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMA ASTM C-128 AASHTO T-84 MTC E-205					
MUESTRA		1	4	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	450.0	450.0	450.0	
B	Peso del Frasco + Agua (gr)	658.5	671.6	682.3	
C	Peso del Frasco + Agua + A (gr)	1108.5	1121.6	1132.3	
D	Peso del Material + Agua en el Frasco (gr)	944.7	958.1	968.5	
E	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = C-D (gr)	163.8	163.5	163.8	
F	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	447.8	447.8	447.9	
G	Volúmen de Masa = E-(A-F) (gr)	161.6	161.3	161.7	
	Peso Esp. Aparente = F/(B+A-D) (gr/cc)	2.734	2.739	2.734	2.736
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(B+A-D) (gr/cc)	2.747	2.752	2.747	2.749
	Peso Esp. Nominal = F/(B+F-D) (gr/cc)	2.771	2.776	2.770	2.772
	% de Absorción = ((A-F)/F)*100 (%)	0.491	0.491	0.489	0.491

OBSERVACIONES: Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas EG - 2013.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NORMA ASTM C-127 AASHTO T-85 MTC E-206					
MUESTRA		1	4	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	3000.4	3000.5	3000.1	
B	Peso del Material Sat. Sup. Seco (en Agua) (gr)	1894.2	1894.6	1894.1	
C	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = A-B (gr)	1106.2	1105.9	1106.0	
D	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	2975.6	2977.3	2975.1	
E	Volúmen de Masa = C-(A-D) (gr)	1081.4	1082.7	1081.0	
	Peso Esp. Aparente = D/(A-B) (gr/cc)	2.690	2.692	2.690	2.691
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(A-B) (gr/cc)	2.712	2.713	2.713	2.713
	Peso Esp. Nominal = D/(D-B) (gr/cc)	2.752	2.750	2.752	2.751
	% de Absorción = ((A-D)/D)*100 (%)	0.833	0.779	0.840	0.818

OBSERVACIONES: Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas EG - 2013.
Mezcla de Arenas para Peso Especifico y Absorción del Agregado Fino.
Mezcla de Agregados para Peso Especifico y Absorción del Agregado Grueso.

PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS
NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508

OBRA			
SOLICITANTE		HECHO POR	
UBICACIÓN		ING. RESP.	
MATERIAL		FECHA	
PROCEDENCIA		CODIGO	

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
Tipo de Mezcla	MAC-2	MAC-2	MAC-2	MAC-2	MAC-2	MAC-2
Porcentaje de Asfalto	5.05	5.05	5.05	5.55	5.55	5.55
1- Peso del Frasco	2567.8	2567.8	2567.8	2567.8	2567.8	2567.8
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)	7139.0	7139.0	7139.0	7139.0	7139.0	7139.0
3- Diferencia del Pesos (4-5)	6649.8	6649.4	6649.5	6646.7	6647.4	6645.5
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)	7889.0	7888.0	7889.0	7885.0	7885.0	7884.0
5- Peso Neto de la Muestra	1239.2	1238.6	1239.5	1238.3	1237.6	1238.5
6- Agua Desplazada (2-3)	489.2	489.6	489.5	492.3	491.6	493.5
Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)	2.533	2.530	2.532	2.515	2.517	2.510
Promedio	2.532			2.514		

MUESTRA	7	8	9	10	11	12
Tipo de Mezcla	MAC-2	MAC-2	MAC-2	MAC-2	MAC-2	MAC-2
Porcentaje de Asfalto	6.05	6.05	6.05	6.55	6.55	6.55
1- Peso del Frasco	2567.8	2567.8	2567.8	2567.8	2567.8	2567.8
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)	7139.0	7139.0	7139.0	7139.0	7139.0	7139.0
3- Diferencia del Pesos (4-5)	6643.9	6641.7	6643.3	6639.5	6637.7	6639.2
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)	7883.0	7880.0	7882.0	7878.0	7877.0	7877.0
5- Peso Neto de la Muestra	1239.1	1238.3	1238.7	1238.5	1239.3	1237.8
6- Agua Desplazada (2-3)	495.1	497.3	495.7	499.5	501.3	499.8
Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)	2.503	2.490	2.499	2.479	2.472	2.477
Promedio	2.497			2.476		

OBSERVACIONES: Relleno Mineral Filler Cal Hidratada → 0.0 %
 Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN 0.3%

PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS
NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508

OBRA			
SOLICITANTE		HECHO POR	
UBICACIÓN		ING. RESP.	
MATERIAL		FECHA	
PROCEDENCIA		CODIGO	

MUESTRA	1	2	3			
Tipo de Mezcla	MAC-2	MAC-2	MAC-2			
Porcentaje de Asfalto	5.80	5.80	5.80			
1- Peso del Frasco	2567.8	2567.8	2567.8			
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)	7139.0	7139.0	7139.0			
3- Diferencia del Pesos (4-5)	6643.8	6643.7	6644.2			
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)	7883.0	7882.0	7884.0			
5- Peso Neto de la Muestra	1239.2	1238.3	1239.8			
6- Agua Desplazada (2-3)	495.2	495.3	494.8			
Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)	2.502	2.500	2.506			
Promedio	2.503					

MUESTRA						
Tipo de Mezcla						
Porcentaje de Asfalto						
1- Peso del Frasco						
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)						
3- Diferencia del Pesos (4-5)						
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)						
5- Peso Neto de la Muestra						
6- Agua Desplazada (2-3)						
Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)						
Promedio						

OBSERVACIONES: Relleno Mineral Filler Cal Hidratada → 0.0 %
 Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN 0.3%

ENSAYO MARSHALL
MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

OBRA		
SOLICITANTE		HECHO POR
UBICACIÓN		ING. RESP.
MATERIAL		FECHA
PROCEDENCIA		CODIGO

ENSAYO	UNIDAD	CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	Nº				
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.05	5.05	5.05	5.05
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	38.36	38.36	38.36	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	56.59	56.59	56.59	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pesa la Malla 200)	%				
6 Peso Especifico Aparante del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Especifico Aparante > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.691	2.691	2.691	
8 Peso Especifico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.721
9 Peso Especifico Aparante < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.736	2.736	2.736	
10 Peso Especifico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.772	2.772	2.772	2.754
11 Peso Especifico Aparante del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Sece en el Aire	gr	1235.1	1233.6	1234.5	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Sece	gr	1237.1	1235.4	1236.4	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	715.0	713.0	714.0	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	522.1	522.4	522.4	
17 Peso Especifico Aparante del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.366	2.361	2.363	2.363
18 Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.532	2.532	2.532	
19 Máxima Densidad Teórica $100/((26)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.525	2.525	2.525	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	6.6	6.7	6.7	6.6
21 Peso Especifico Aparante del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.717	2.717	2.717	
22 Peso Especifico Nominal del Agregado Total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.832	2.832	2.832	
23 Peso Especifico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8))+((4^2/(9+10)+(5/11))))$	gr/cc	2.741	2.741	2.741	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23*21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	82.7	82.5	82.6	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	10.78	10.76	10.77	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	17.34	17.49	17.43	17.4
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	4.7	4.7	4.7	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	62.2	61.5	61.8	61.8
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	10.0	10.1	10.5	10.2
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1140	1110	1125	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	1140	1110	1125	1125
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	62.2	61.5	61.8	61.8
35 Índice de rigidez	Kilos	4488.2	4326.8	4218.2	4344.4

OBSERVACIONES:

Temperatura de Mezclado a 150°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 140°C.

Refrero Mineral Filler Cal Hidratada 0.0 %
Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN 0.3%

ENSAYO MARSHALL
MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

OBRA			
SOLICITANTE		HECHO POR	
UBICACIÓN		ING. RESP.	
MATERIAL		FECHA	
PROCEDENCIA		CODIGO	

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
1 Número de Briquetas	Nº	1	2	3	
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.55	5.55	5.55	5.55
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	38.16	38.16	38.16	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	56.29	56.29	56.29	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Especifico Aparente < N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.691	2.691	2.691	
8 Peso Especifico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.721
9 Peso Especifico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.736	2.736	2.736	
10 Peso Especifico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.772	2.772	2.772	2.754
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1237.2	1236.6	1238.0	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1238.5	1237.8	1239.3	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	720.0	719.0	721.0	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	518.5	518.6	518.3	
17 Peso Especifico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.386	2.384	2.389	2.386
18 Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.514	2.514	2.514	
19 Máxima Densidad Teórica $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	cc	2.506	2.506	2.506	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100 * (1 - 17/18)$	%	5.1	5.2	5.0	5.1
21 Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc	2.717	2.717	2.717	
22 Peso Especifico Nominal del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc	2.847	2.847	2.847	
23 Peso Especifico efectivo del Agregado Total $(3+4) / ((3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)) + (5/11))$	gr/cc	2.741	2.741	2.741	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100 * 6 * (23 - 21) / (23 * 21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4) * 17/21$	%	82.9	82.8	83.0	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100 - (25 * 20)$	%	11.97	11.96	11.98	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100 - 25$	%	17.06	17.15	16.98	17.1
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.2	5.2	5.2	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27) * 100$	%	70.2	69.7	70.6	70.2
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	12.0	12.4	12.0	12.1
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1180	1190	1140	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida (28*29)	Kilos	1180	1190	1140	1170
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100 * (27 - 20) / 27$	%	70.2	69.7	70.6	70.2
35 Índice de rigidez	Kilos	3871.4	3778.3	3740.2	3796.6

OBSERVACIONES:

Temperatura de Mezclado a 150°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 140°C
 Relleno Mineral Filler Cal Hidratada 0.0 %
 Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN 0.3%

ENSAYO MARSHALL
MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

OBRA	
SOLICITANTE	HECHO POR
UBICACIÓN	ING. RESP.
MATERIAL	FECHA
PROCEDENCIA	CODIGO

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briquetas	NP				
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.05	6.05	6.05	6.05
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mezor Nº 4)	%	37.96	37.96	37.96	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	55.99	55.99	55.99	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pesa la Malla 200)	%				
6 Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Especifico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.691	2.691	2.691	
8 Peso Especifico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.721
9 Peso Especifico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.736	2.736	2.736	
10 Peso Especifico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.772	2.772	2.772	2.754
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1238.6	1237.9	1239.1	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1239.5	1238.7	1239.8	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	725.0	724.0	726.0	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	514.5	514.7	513.8	
17 Peso Especifico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.407	2.405	2.412	2.408
18 Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.497	2.497	2.497	
19 Máxima Densidad Teórica $100 / ((2/6) + (3/2)(7+8) + (4/2)(9+10))$	cc	2.487	2.487	2.487	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100 * (1 - 17/18)$	%	3.6	3.7	3.4	3.6
21 Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/8) + (5/11))$	gr/cc	2.717	2.717	2.717	
22 Peso Especifico Nominal del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc	2.862	2.862	2.862	
23 Peso Especifico efectivo del Agregado Total $(3 + 4) / ((3 * 2(7 + 8)) + (4 * 2(9 + 10)) + (5/11))$	gr/cc	2.741	2.741	2.741	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100 * (23 - 21) / (23 * 21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	83.2	83.2	83.4	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100 - (25 + 20)$	%	13.17	13.16	13.19	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100 - 25$	%	16.77	16.85	16.62	16.74
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.8	5.8	5.8	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27) * 100$	%	78.5	78.1	79.4	78.7
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pulg.	13.8	13.2	13.5	13.5
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1185	1190	1180	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida (28*29)	Kilos	1185	1190	1180	1185
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100 * (27 - 20) / 27$	%	78.5	78.1	79.4	78.7
35 Índice de rigidez	Kilos	3380.7	3549.3	3441.2	3457.1

OBSERVACIONES:

Temperatura de Mezclado a 150°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 140°C;

Repleno Mineral Filler Cal Hidratada 0.0 %

Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN 0.3%

ENSAYO MARSHALL
MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

OBRA

SOLICITANTE
UBICACIÓN
MATERIAL
PROCEDENCIA

HECHO POR
ING. RESP.
FECHA
CODIGO

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	Nº				
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.55	6.55	6.55	6.55
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	37.75	37.75	37.75	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	55.70	55.70	55.70	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Especifico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.691	2.691	2.691	
8 Peso Especifico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.721
9 Peso Especifico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.736	2.736	2.736	
10 Peso Especifico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.772	2.772	2.772	2.754
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1238.5	1239.3	1238.4	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1239.0	1239.8	1239.0	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	726.0	727.0	726.0	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	513.0	512.8	513.0	
17 Peso Especifico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.414	2.417	2.414	2.415
18 Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.476	2.476	2.476	
19 Máxima Densidad Teórica $100 / ((2/5) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	cc	2.468	2.468	2.468	
20 Vacios con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100 * (1 - 17/18)$	%	2.5	2.4	2.5	2.5
21 Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc	2.717	2.717	2.717	
22 Peso Especifico Nominal del Agregado Total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc	2.877	2.877	2.877	
23 Peso Especifico efectivo del Agregado Total $(3+4) / ((3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)) + (5/11))$	gr/cc	2.741	2.741	2.741	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100 * 6 * (23 - 21) / (23 * 21)$	%	0.32	0.32	0.32	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4) * 17/21$	%	83.0	83.1	83.0	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100 - (25+20)$	%	14.48	14.49	14.47	
27 Vacios del Agregado Mineral $100 - 25$	%	16.97	16.89	16.98	16.95
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	6.3	6.3	6.3	
29 Retención Betún Vacios $(26/27) * 100$	%	85.3	85.8	85.2	85.4
30 Flujo (0.01 pulgada)	Put.	15.0	14.5	14.7	14.7
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1155	1160	1150	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida $(28 * 29)$	Kilos	1155	1160	1150	1155
34 Vacios Llenados con Cemento Asfáltico $100 * (27 - 20) / 27$	%	85.3	85.8	85.2	85.4
36 Índice de rigidez	Kilos	3031.5	3149.6	3080.0	3087.0

OBSERVACIONES:

Temperature de Mezclado a 150°C y Temperature de Compactación de Briquetas a 140°C.

Releño Mineral Filler Cal Hidratada

0.0 %

Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN

0.3%

ENSAYO MARSHALL
MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

OBRA

SOLICITANTE
UBICACIÓN
MATERIAL
PROCEDENCIA

HECHO POR
ING. RESP.
FECHA
CODIGO

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Número de Briquetas	Nº			
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mejor Nº 4)	%	38.06	38.06	38.06
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	56.14	56.14	56.14
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%			
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Especifico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.691	2.691	2.691
8	Peso Especifico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.751	2.751	2.751
9	Peso Especifico Aparente < N° 4 (ASTM C-126, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.736	2.736	2.736
10	Peso Especifico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.772	2.772	2.772
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm			
13	Peso de la Briqueta Sece en el Aire	gr	1237.2	1236.8	1238.3
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Sece	gr	1238.1	1237.8	1238.2
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	723.0	722.0	724.0
16	Volumen de Briquetas (14-15)	cc	515.1	515.8	514.2
17	Peso Especifico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.402	2.398	2.408
18	Peso Especifico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.503	2.503	2.503
19	Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.496	2.496	2.496
20	Vacios con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	4.0	4.2	3.8
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.717	2.717	2.717
22	Peso Especifico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/6)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.854	2.854	2.854
23	Peso Especifico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.741	2.741	2.741
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23*21)$	%	0.32	0.32	0.32
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	83.3	83.1	83.5
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	12.71	12.68	12.74
27	Vacios del Agregado Mineral $100-25$	%	16.74	16.88	16.52
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2*(24/100)*(3+4)$	%	5.5	5.5	5.5
29	Relación Betún Vacios $(26/27)*100$	%	75.9	75.2	77.1
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	13.0	12.8	12.6
31	Estabilidad sin corregir	Kilos	1175	1180	1170
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00
33	Estabilidad corregida (28*29)	Kilos	1175	1180	1170
34	Vacios Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	75.9	75.2	77.1
35	Índice de rigidez	Kilos	3558.4	3629.4	3655.8

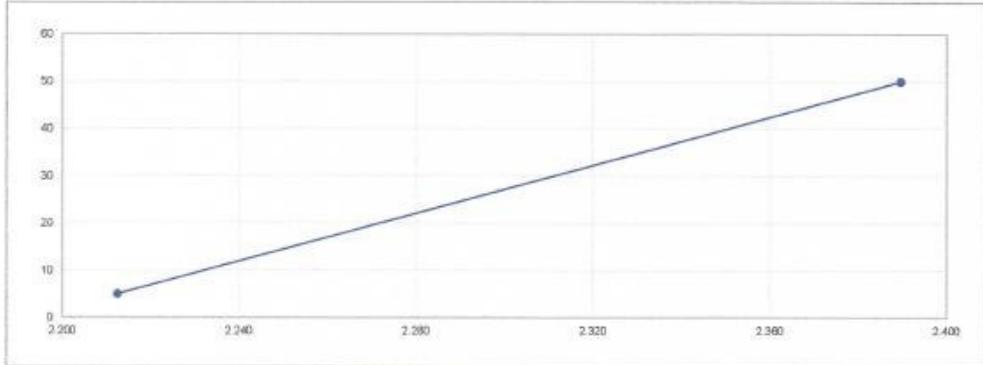
OBSERVACIONES:

Temperatura de Mezclado a 150°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 140°C.
 Relleno Mineral Filler Cal Hidratada 0.0 %
 Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN 0.3%

ENSAYO MARSHALL
NORMA MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

OBRA	
SOLICITANTE	HECHO POR
UBICACIÓN	ING. RESP.
MATERIAL	FECHA
PROCEDENCIA	CODIGO

ENSAYO DE INDICE DE COMPACTIBILIDAD



N° DE MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
N° de Golpes Marshall	50	50	50	5	5	5
Porcentaje de Cemento Asfáltico	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
1.- Peso de la Briqueta al Aire	1236.7	1238.4	1236.5	1238.1	1237.1	1236.9
2.- Peso de la briqueta Superficialmente Seca	1237.6	1239.3	1237.3	1239.0	1238.0	1237.8
3.- Peso por Desplazamiento	720.0	721.0	720.0	680.0	679.0	678.0
4.- Volumen de la Briqueta	517.6	518.3	517.3	559.0	559.0	559.8
5.- Peso Unitario (gr/cc)	2.389	2.389	2.390	2.215	2.213	2.210
PROMEDIOS	2.390			2.212		

2.390	2.212
50	5

1
GEB(50) - GEB(5)

Indice de Compactibilidad = 5.64%

OBSERVACIONES: Cumple con el Porcentaje Mínimo de las Especificaciones Técnicas Generales para Carpeta Asfáltica (Mínimo 5.0% EG-2013) MAC-2

ENSAYO MARSHALL
NORMA MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559

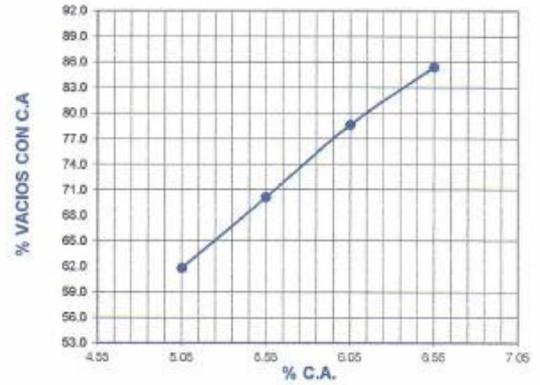
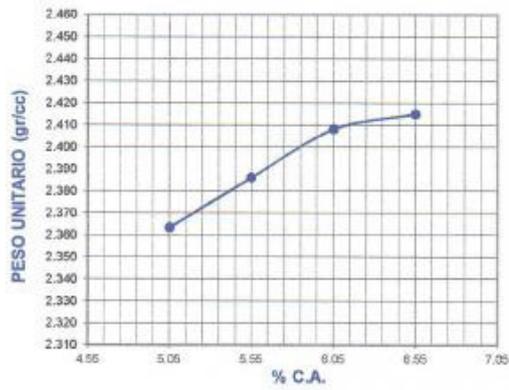
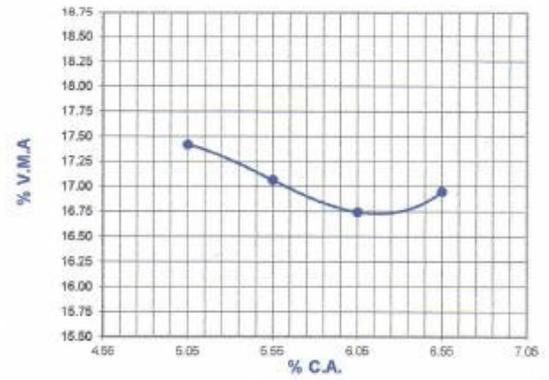
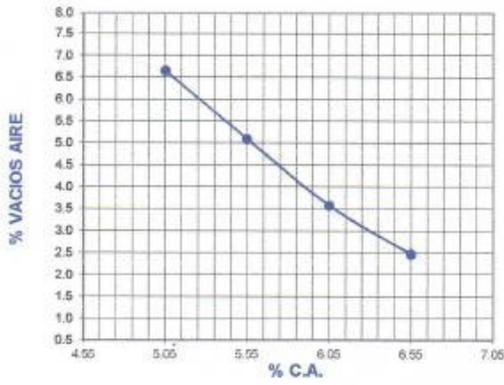
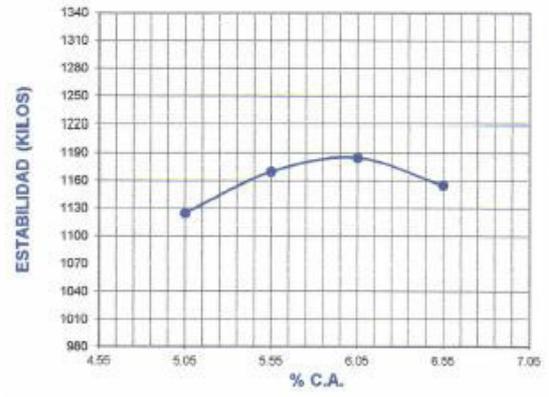
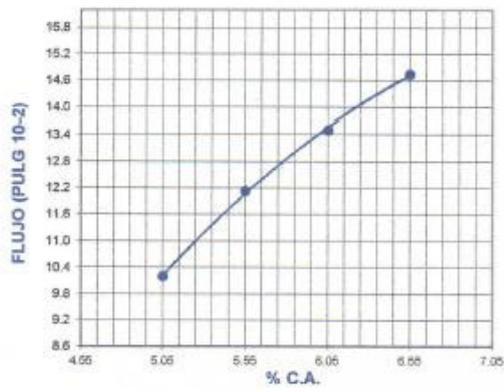
OBRA	
SOLICITANTE	HECHO POR
UBICACIÓN	ING. RESP.
MATERIAL	FECHA
PROCEDENCIA	CODIGO

ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS)

N° DE PROBETAS	1	2	3	4	5	6
1 <i>Contenido de Cemento Asfáltico</i>	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
2 <i>Peso de la Probeta al Aire</i>	1236.7	1236.8	1237.0	1236.7	1238.1	1237.0
3 <i>Peso de la Probeta Saturada (1 Hora)</i>	1237.6	1237.6	1237.8	1237.6	1238.9	1237.8
4 <i>Peso de la Probeta en el Agua</i>	723.0	723.0	724.0	723.0	724.0	723.0
5 <i>Volumen de la Probeta</i>	514.6	514.6	513.8	514.6	514.9	514.8
6 <i>Peso Específico Bulk de la Probeta</i>	2.403	2.403	2.408	2.403	2.405	2.403
7 <i>Estabilidad sin corregir</i>	1170	1168	1175	958	965	960
8 <i>Factor Estabilidad</i>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9 <i>Estabilidad corregida (kilogramos)</i>	1170	1168	1175	958	965	960
10 <i>Promedio de Estabilidad (24 Horas)</i>				961		
11 <i>Promedio de Estabilidad (30 Minutos)</i>	1170					
12 <i>Estabilidad Retenida a las 24 Horas (%)</i>				82.1		

OBSERVACIONES: *Cumple con la Especificación Mínima para Carpeta Asfáltica (75.0%) MAC-2*

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 - DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MAC-2



ANEXO 9

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA PAVIMENTO RECICLADO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA	
SOLICITANTE	HECHO POR
UBICACIÓN	ING. RESP.
MATERIAL	FECHA
PROCEDENCIA	CODIGO

ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO PEN 60/70 MAC-2

1.- MEZCLA DE AGREGADOS :	(Proporción en Peso)
Grava Triturada	35.0%
Arena Chancada	50.0%
Asfalto Reciclado	15.0%
Especificaciones de Gradación	MAC-2

2.- LIGANTE BITUMINOSO :	
Tipo de Asfalto	Pen 60/70
Optimo Contenido de Cemento Asfáltico	5.8% (± 0.20)
Aporte de Cemento asfáltico por Asfalto Reciclado	0.67%
Aditivo mejorador de adherencia ITERLENE ACF 1000 GREEN	0.30%
Especificaciones de Gradación	MAC-2

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL :		CARACTERÍSTICAS		REQUERIMIENTOS OBRA	
		DISEÑO MAC-2	MÍNIMO	MÁXIMO	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	(N°)	75	75	75	
CEMENTO ASFÁLTICO	(%)	5.80	5.60	6.00	
ESTABILIDAD	(Kg)	1,170	815	-	
FLUJO	(Pulg)	12.8	8.0	14.0	
V.M.A.	(%)	16.7	14.0	-	
VACÍOS DE AIRE	(%)	4.0	3	5	
ESTABILIDAD RETENIDA A 24 HORAS	(%)	82.1	75	-	
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	(%)	5.64	5	-	
RELACION ESTABILIDAD FLUJO	kilos	3,615	1,700	4,000	

4.- TEMPERATURAS DE APLICACIÓN :	
Agregados	Máximo 150°C
Cemento Asfáltico	Máximo 140°C
Mezcla Asfáltica	Máximo 150°C
Temperatura de Compactación	Mínimo 140°C

ANEXO 10

RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL PARA EL PAVIMENTO CONVENCIONAL

CAH

Contratistas Generales S.A

45 AÑOS DE EXPERIENCIA

ESPECIALISTAS EN PAVIMENTACION, ASFALTOS EMULSIONADOS Y MODIFICADOS CON POLIMEROS Y OBRAS EN GENERAL

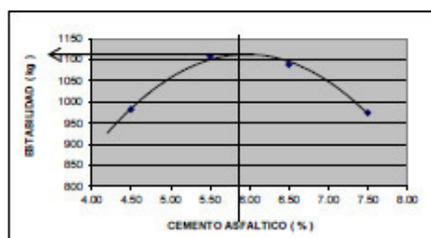
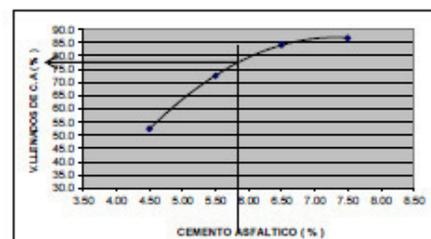
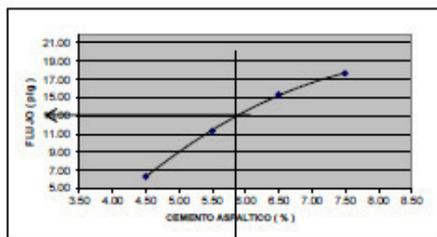
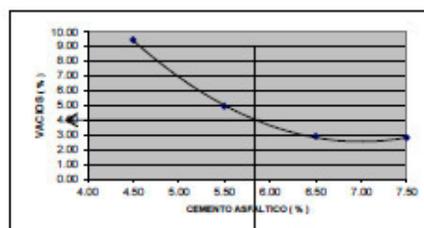
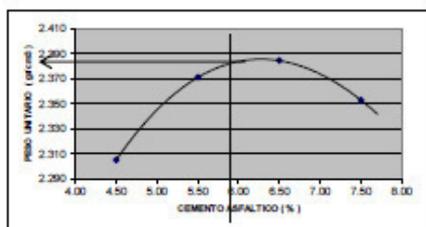
REPORTE DE ENSAYO PAC-LAB N°001-2017- 8/9

ENSAYO MARSHALL

ASTM D-1559

DATOS GENERALES	
CLIENTE	: C.A.H.CONTRATISTAS GENERALES S.A.
UBICACIÓN	:
OBRA	:

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO	: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-II
COMBINACION	: 38% PIEDRA - 62% AGREGADO FINO
FECHA	: 13/09/2017



ANEXO 11

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA PAVIMENTO CONVENCIONAL

CAH

Contratistas Generales S.A

45 AÑOS DE EXPERIENCIA

REPORTE DE ENSAYO PAC-LAB N°001-2017- 9/9

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

DATOS GENERALES	
CLIENTE	
UBICACIÓN	
OBRA	

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO	: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
CANTERA	: LA GLORIA Km. 14.800 DE LA CARRETERA CENTRAL
FECHA	: 09/09/2017

MATERIAL	DOSIFICACION	PESO ESPECIFICO gr/cc
A.F CANTERA SANTA CLARA	62.0%	2.71
A.G CANTERA TYR	38.0%	2.81
CEMENTO AFALTICO PEN 60/70		1.00

TIPO DE MEZCLA

MAC II

DATOS	ESPECIFICACION	RESULTADOS
OPTIMO DE ASFALTO		5.8
PESO UNITARIO (GR/CC)		2.396
VACIOS (%)	3 - 5	4.1
ESTABILIDAD (KG)	620 MIN	1110
VMA (%)	14 MIN	18
VFA (%)		76.0
FLUJO pig (mm)	8 - 14	13.3 (3.34)
INDICE DE RIGIDEZ (Kg/cm)	1700 - 4000	3375
ESTABILIDAD RETENIDA (%)	75% MIN	91.0

TEMPERATURA DE MEZCLA : 145°C aprox.

CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO : 5.8%

CONTENIDO DE ADITIVO (peso asfalto) : 0.3%

ANEXO 12

LISTA DE PRECIOS DE ASFALTOS DE PETROPERÚ S.A.



LISTA DE PRECIOS DE ASFALTOS

LISTA N°:	ASFA-01-2017
VIGENTE DESDE:	14-Set-17

PRECIOS EX - PLANTA TALARA

Despachos	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 40/50 AL 120/150 (*) Código: 63, 64, 65, 66 y 67	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-70 Código: 59	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60
Carros Cisterna	5.11 Soles/Galón + IGTV	5.25 Soles/Galón + IGTV	5.28 Soles/Galón + IGTV
Cilindro (55 galones)	5.16 Soles/Galón + IGTV	5.30 Soles/Galón + IGTV	5.33 Soles/Galón + IGTV

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-30 Código: 57	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-70 Código: 58
Carros Cisterna	5.69 Soles/Galón + IGTV	5.65 Soles/Galón + IGTV
Cilindro (55 galones)	5.74 Soles/Galón + IGTV	5.70 Soles/Galón + IGTV

PRECIOS EX - PLANTA CONCHAN

Despachos	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 10/20 Código: 61	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 20/30 Código: 62	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 40/50 AL 120/150 (*) Código: 63, 64, 65, 66 y 67
Carros Cisterna	5.40 Soles/Galón + IGTV	5.40 Soles/Galón + IGTV	5.11 Soles/Galón + IGTV
Cilindro (55 galones)	5.46 Soles/Galón + IGTV	5.46 Soles/Galón + IGTV	5.16 Soles/Galón + IGTV

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-70 Código: 59	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-30 Código: 57
Carros Cisterna	5.25 Soles/Galón + IGTV	5.28 Soles/Galón + IGTV	5.69 Soles/Galón + IGTV
Cilindro (55 galones)	5.30 Soles/Galón + IGTV	5.33 Soles/Galón + IGTV	5.74 Soles/Galón + IGTV

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-70 Código: 58
Carros Cisterna	5.65 Soles/Galón + IGTV
Cilindro (55 galones)	5.70 Soles/Galón + IGTV

PRECIOS EX - PLANTA MOLLENDO

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60
Carros Cisterna	5.37 Soles/Galón + IGTV
Cilindro (55 galones)	5.42 Soles/Galón + IGTV

EFFECTO FACTOR TÉRMICO (Consultar con representantes de Ventas)

(*) Sólo está disponible en Terminal Conchán.
Reducción de Precios - Líquidos y Sólidos de Pavimentación.

ANULA LISTA: ASFA-01-2016 DE FECHA: 17.02.2016

ANEXO 13
COTIZACIÓN DE AGREGADOS

CONSTRUCTORA MENESES S.R.L.
MOVIMIENTO DE TIERRA - ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA - TRANSPORTE DE AGREGADOS
AFIRMADO - ARENA FINA - ARENA GRUESA - HORMIGÓN - PIEDRA CHANCADA - LIMPIEZA DE ZANJA - LIMPIEZA DE TERRENO - NIVELACIÓN DE TERRENO

Lima, 27 de Octubre de 2017

Señores

EMAPE S.A.

Atención : Ing. Robert Moya

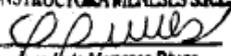
Asunto : Cotización de Agregados

Tengo el bien de cotizarle los siguientes agregados para su entrega en la Av. La Paz en el Distrito de San Miguel:

- a).- Piedra chancada s/. 95.00 por m3
- b).- Arena Gruesa s/. 85.00 por m3
- c).- Arena Fina s/. 75.00 por m3

Estos precios son incluidos el IGV.

Atentamente

CONSTRUCTORA MENESES S.R.L.

José Luis Meneses Rivas
GERENTE GENERAL

ANEXO 14

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS



000001

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	:	C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	:	Agregados
DOMICILIO LEGAL	:	Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	:	El que se indica
PROYECTO	:	"Producción de Asfalto"	CANTIDAD	:	55.5 y 58 kg
REFERENCIA	:	REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	:	Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	:	2016.09.13	FECHA ENSAYO	:	2016.09.14 al 19

MALLAS		DENOMINACIÓN	Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara 50%, Cantera CH-Excalibur 50%		Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.					
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)		RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)				
3"	76.200	NTP 400.012 (01)								
2 1/2"	63.500									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700						100			
3/8"	9.525						57	43		
1/4"	6.350						30	13		
N° 4	4.760						100	3		
N° 6	3.360			3	97	3	-			
N° 8	2.380			17	80					
N° 10	2.000			17	63					
N° 16	1.190			6	57					
N° 20	0.840			18	39					
N° 30	0.590			9	30					
N° 40	0.426			8	22					
N° 60	0.297			6	16					
N° 80	0.177			5	11					
N° 100	0.149			5	6					
N° 200	0.074		1	5						
- N° 200	-	NTP 400.018 (02)	3	2						
LÍMITE LIQUIDO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (99)	--	--	--	--				
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (99)	--	--	--	--				
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129 (99)	N.P.	--	--	--				
LÍMITE LIQUIDO (Malla N° 200)		NTP 339.129 (99)	--	--	--	--				
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 200)		NTP 339.129 (99)	--	--	--	--				
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129 (99)	N.P.	--	--	--				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 339.134 (99)	SW	--	--	--				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 339.135 (99)	A-1-b (0)	--	--	--				

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



LABORATORIO D.E.E.
BACHING ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (1/11)
oescc/pm/pas
O.S. N° 256



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 55.5 y 58 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.14 al 15.

NTP 339.127 (1 998) SUELOS. CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (*)

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara 50%, Cantera CH-Excalibur 50%.	0,3
Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.	0,3

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM D-2216 (2005) "Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



LABORATORIO D.E.E.
ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (2/11)
oesc/pas
O.S. N° 256



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707

Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 55.5 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.14 al 15.

NTP 339.146 (2 000) SUELOS. EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara 50%, Cantera CH-Excalibur 50%.	93

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM D 2419 (2002). "Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI- CRT del 07.04.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



BACHING ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (3/11)
oesc/jpc
O.S. N° 256



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 55.5 y 58 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.15 al 23.

NTP 400.016 (1 999) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*).

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara 50%, Cantera CH-Excalibur 50%.	Pérdida o desgaste del agregado fino	6,6
Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.	Pérdida o desgaste del agregado grueso	1,4

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-88 (2005) "Aggregate. Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



SAGHINO, ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (4/11)
oesc/pasdic
O.S. N° 256



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 55.5 y 58 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.14.

NTP 400.017 (1 999) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO (*)

IDENTIFICACIÓN	MUESTRA	ENSAYO	RESULTADO (kg/m ³)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara 50%, Cantera CH-Excalibur 50%.	Agregado fino	Peso unitario suelto	1,539
		Peso unitario varillado	1,752
Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.	Agregado grueso	Peso unitario suelto	1,489
		Peso unitario varillado	1,612

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-29 (2007). "Standard test method for bulk density (unit weight) and voids in aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



BACH. ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (511)
oesc/pche/jpc
O.S. N° 256



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 · Rímac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 55.5 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.15 al 19.

NTP 400.018 (2 002) DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE PASAN TAMIZ N° 200 (0.75 µm) POR LAVADO EN AGREGADOS (PROCEDIMIENTO A) (*).

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara 50%, Cantera CH-Excalibur 50%.	2,1

Observaciones:

- (*) Referencia ASTM C-117-4 "Standard test for material finer than 75-µm (N° 200) sieve in mineral aggregates by washing"
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (6/11)
oesc/pas
O.S. N° 256



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707

Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 58 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.14.

NTP 400.019 (2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.	Tamaño Máximo Nominal: ½"	19
	Gradación: "B"	
	Número de Esferas: 11	

Observaciones:

- (*) ASTM C-131 (2006). "Standard method to degradation of small-large size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine"
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



LABORATORIO D.E.E.
ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL GABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (7/11)
oesc/acv
O.S. N° 256



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 58 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.19 al 20.

NTP 400.021 (2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,874
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,891
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,923
	Absorción (%)	0,59

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-127 (2004). "Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
 Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (B/11)
 oesc/jpc
 O.S. N° 256



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel. : 481-3707 Fax : 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 55.5 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.19 al 20.

NTP 400.022 (2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara 50%, Cantera CH-Excalibur 50%.	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,900
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,927
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,981
	Absorción (%)	0,94

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-128 (2004). "Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



LABORATORIO D.E.E.
ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (9/11)
oesc/jpc
O.S. N° 256



LABORATORIO DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel. : 481-3707 Fax : 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 58 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.15 al 16.

NTP 400.040 (1 999) AGREGADOS. PARTÍCULAS CHATAS O ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO (*)

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	7,6

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM D 4791 (2005), "Aggregates. Flat or elongated particles in coarse aggregate"
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



BACHING, ORLANDO E. SAN MIGUEL CÁBRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (10/11)
oesc/bedlc
O.S. N° 256



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016-MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H. CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Oficina 603 - San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 58 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: 2016.09.15 al 16.

MTC E-210 (2 000) PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA EN EL AGREGADO GRUESO

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra Huso 67; Cantera Gloria-Santa Clara.	Partículas con una ó más caras de fractura	96,9
	Partículas con dos ó más caras de fractura	92,4

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 26 de Setiembre de 2016

USA (11/11)
oesc/bedic
O.S. N° 256



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Int. 603 San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfaltos"	CANTIDAD	: 55,5 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: Del 2016.09.18 al 2016.09.19

MTC E - 219 (2 000) : SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Identificación	Resultado (mg/kg)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara: 50% y Cantera CH. Excalibur: 50%.	444

Observaciones:

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Equivalencias: mg/kg = ppm; para obtener resultados en % dividir valores (en mg/kg ó ppm) por 10,000



ING. RUTH FÉLIX SÁNCHEZ
Lima, 21 de Setiembre del 2016

UAQ (1/3)
rfs/dco
O.S.N° 256



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel. : 481-3707

Fax : 481-0877



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Int. 603 San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfaltos"	CANTIDAD	: 55,5 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: Del 2016.09.18 al 2016.09.19

NTP 400.042 (2 001) AGREGADOS MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGUA PARA CONCRETO EN HORMIGÓN (CONCRETO).

Arena Gruesa

Identificación	Cloruros (mg/kg)	Sulfatos (mg/kg)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara: 50% y Cantera CH. Excalibur: 50%.	60,3	197,6

Observaciones:

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Equivalencias: mg/kg = ppm; para obtener resultados en % dividir valores en mg/kg o ppm por 10,000.



ING. RUTH FELIX SANCHEZ
Lima, 21 de Setiembre del 2016

UAQ (2/3)
rfs/dco
O.S.N° 256



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707

Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 6 - 2016 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: C.A.H CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Int. 603 San Isidro - Lima.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "Producción de Asfaltos"	CANTIDAD	: 55,5 kg
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016.09.13	FECHA DE ENSAYO	: Del 2016.09.18 al 2016.09.19

Arena Gruesa VALOR DE AZUL DE METILENO PARA ARCILLAS, RELLENOS MINERALES Y FINOS

Identificación	Resultado (mg/g)
Arena Gruesa Combinada; Cantera Santa Clara: 50% y Cantera CH. Excalibur: 50%.	8,8

Observaciones:

- (*) Referencia: Methylene Blue Value of Clays, Mineral Fillers and Fines
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2016.09.13
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. RUTH FÉLIX SÁNCHEZ
Lima, 21 de Setiembre del 2016

UAQ (3/3)
rfs/dco
O.S.N° 256



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 · Rimac.

Telf.: 481-3707

Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 266 - 2016 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	MUESTRA	: Agregados.
DOMICILIO LEGAL	: Av. República de Colombia N° 671 Of. 603 San Isidro.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica.
PROYECTO	: "Producción de Asfalto"	CANTIDAD	: 55,5 kg aprox.
REFERENCIA	: REC N° 159-2016-FPL-501-G.	PRESENTACIÓN	: Saco.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016/09/13.	FECHA DE ENSAYO	: 2016/09/19 al 2016/9/21.

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

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESULTADO (GRADO)
	Desprendimiento Parcial - Desprendimiento Total
Arena gruesa combinada Cant. Santa Clara: 50% Cant. CH- Excalibur: 50%	5 - 10

Tipo de Asfalto: Pen 60/70 aditivado al 1,5 por 1000 en peso del asfalto, proporcionado por el solicitante.

Observaciones:

- (*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.
- Muestras de agregados y cemento asfáltico aditivado, porporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2016/09/13.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING° ALI E. DIAZ CAMA.
Lima, 22 de Setiembre del 2016.

UMA (1/2)
adc/eva.
O.S. N°256



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 266 - 2016 - MTC/14.01

SOLICITANTE : CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A. MUESTRA : Agregados.
 DOMICILIO LEGAL : Av. República de Colombia N° 671 Of. 603 - San Isidro. IDENTIFICACIÓN : La que se indica.
 PROYECTO : "Producción de Asfalto". CANTIDAD : 58 kg aprox.
 REFERENCIA : REC N° 159-2016-FPL-501-G. PRESENTACIÓN : Saco.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2016/09/13. FECHA DE ENSAYO : 2016/09/19 al 2016/09/21.

MTC E - 517 (2000)* CUBRIMIENTO DE LOS AGREGADOS CON MATERIALES ASFÁLTICOS (INCLUYE EMULSIONES) EN PRESENCIA DEL AGUA (STRIPPING) MEZCLAS ABIERTAS Y/O T.S.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	REVESTIMIENTO (%)	CUBRIMIENTO (%)
Cantera: "Gloria - Santa Clara" Piedra Huso 67	100	+ 95

Tipo de Asfalto: Pen 60/70 aditivado al 1,5 por 1000 en peso del asfalto, proporcionado por el solicitante.

Observaciones:

- (*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.
- Muestras de agregados y cemento asfáltico aditivado, proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2016/09/13.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ALI E. DIAZ CAMA.
Lima, 22 de Setiembre del 2016.

UMA (2/2)
adc/eva.
O.S. N°256



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677

45 AÑOS DE EXPERIENCIA

ESPECIALISTAS EN PAVIMENTACIÓN, ASFALTOS DE MEZCLAS EN CALIENTE, ASFALTOS EMULSIONADOS Y MODIFICADOS CON POLIMEROS Y OBRAS EN GENERAL

Resultados a los ensayos de control de calidad para Mezcla asfáltica

Entidad: MTC
Fecha: 26 - 09 - 2016

ARENA		REQUISITOS		RESULTADO	RESULTADO
		MIN	MAX	-	-
Equivalente de arena	MTC E 114	60	-	93	Si Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	-	-	-
Indice de plasticidad malla N° 40	MTC E 111	NP	NP	NP	Si Cumple
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-	18%	6,6	-
Indice de durabilidad	MTC E 214	35	-	-	-
Indice de plasticidad malla N° 200	MTC E 111	-	4	NP	Si Cumple
Sales solubles totales	MTC E 219	-	0,50%	0,04%	Si Cumple
Adherencia (Ridel Weber)	MTC E 220	4	-	5 - 10	Si Cumple
Absorción	MTC E 205	-	0,50%	0,94%	No Cumple*
Azul de metileno	AASTHO TP 57	-	8	8,8	No Cumple*
Granulometría	MTC E 204	-	-	-	Si Cumple

PIEDRA		REQUISITOS		RESULTADO	RESULTADO
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-	18%	1,4	Si Cumple
Abrasion los angeles	MTC E 207	-	40%	19%	Si Cumple
Adherencia	MTC E 517	+95	-	+95	Si Cumple
Indice de durabilidad	MTC E 214	35%	-	-	-
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	-	10%	7,6	Si Cumple
Caras facturadas	MTC E 210	-	85/50	96.9/92.4	Si Cumple
Absorción	MTC E 206	-	1%	0,59%	Si Cumple
Granulometría	MTC E 204	-	-	-	Si Cumple