UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“PROPUESTA DE UTILIZACION DE EMULSION ASFALTICA MODIFICADA EN EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA: LUCMA – 09 DE OCTUBRE, PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN EL DISTRITO DE LUCMA, PROVINCIA GRAN CHIMU – LA LIBERTAD, 2016”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. CESAR MENDOZA QUISPE

TRUJILLO – PERÚ

2016

JURADO DICTAMINADOR

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Víctor y Rosa, a mi esposa Rocío Madeleine, a mis hijos Brian, Andrea Alejandra y Cesar Rodrigo, que con su amor y cariño me apoyaron en lograr este objetivo.
Gracias.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a la Universidad Privada de Trujillo y a mi querida facultad de Ingeniería Civil, por haberme permitido adquirir los conocimientos.

Un agradecimiento muy especial a todos los distinguidos catedráticos, de una manera especial a mi Asesor de titulación el Ing. Josualdo Carlos, Villar Quiroz y a los distinguidos sinodales, por todo el apoyo brindado.

A la empresa C y C MENDOZA S.R.L., por el apoyo incondicional al facilitar la información necesaria del tramo de mantenimiento de la vía en estudio, de igual manera a todos los ingenieros que laboran en ella por sus conocimientos y su buena predisposición.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

JURADO DICTAMINADOR i
DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS iv
ÍNDICE DE TABLAS v
ÍNDICE DE FIGURAS vi
RESUMEN viii
ABSTRACT ix
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN 10
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 22
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS 49
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL 51
CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS 82
CAPÍTULO 6. RESULTADOS 113
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN 121
CONCLUSIONES 123
RECOMENDACIONES 124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 125
ANEXOS 128

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ranking de países con mayor km de carreteras. 11
Tabla 2: Ranking de países con mejor infraestructura de transporte en América Latina. 13
Tabla 3: Carretera nacional pavimentada 15
Tabla 4: Clasificación de las emulsiones asfálticas 35
Tabla 5: Representación esquemática de una emulsión aniónica y de una catiónica.....37
Tabla 6: Hipótesis. 49
Tabla 7: Operacionalización de Variables.....50
Tabla 8: Coordenadas geográficas de la carretera Lucma – 09 de Octubre. 51
Tabla 9: Centros poblados cerca al tramo en estudio.....52
Tabla 10: Índice Medio Diario Anual 53
Tabla 11: Requerimientos para los agregados pétreos. 57
Tabla 12: Peso necesario del agregado grueso para Ensayo de Durabilidad (Al Sulfato de Magnesio) 58
Tabla 13: Soluciones de Ensayo de Adherencia 66
Tabla 14: Índice de adhesividad. 68
Tabla 15: Especificaciones para emulsiones asfálticas. 69
Tabla 16: Granulometria de los agregados 79
Tabla 17: Absorción admisible. 80
Tabla 18: Dosificación de Mortero Asfáltico CQS-1HP.....113
Tabla 19: Requerimientos para la emulsión asfáltica CQS-1HP 114
Tabla 20: Requerimientos para el Mortero asfáltico CQS-1HP 115
Tabla 21: Análisis de precios unitarios de concreto asfáltico en caliente. 119
Tabla 22: Análisis de precios unitarios de concreto asfáltico en frío con emulsión asfáltica.....120
Tabla 23: Cuadro comparación de análisis de precios unitarios. 120

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Nomenclatura de emulsiones asfálticas....38
Figura 2: Sección transversal impropia....44
Figura 3: Drenaje Inadecuado....44
Figura 4: Ondulaciones....45
Figura 5: Presencia de polvo....46
Figura 6: Baches....46
Figura 7: Ahuellamientos....47
Figura 8: Pérdida de agregados.....48
Figura 9: Ubicación del tramo en estudio....52
Figura 10: Esquema del circuito para el medidor de carga de las partículas....73
Figura 11: Emulsión aniónica (partículas con carga negativa)....73
Figura 12: Procedimiento de Aplicación del Proyecto....83
Figura 13: Desintegración de superficie de afirmado en el tramo Km 0+000 – Km 3+000....86
Figura 14: Desgaste de superficie de afirmado en el tramo Km 0+000 – Km 3+000....86
Figura 15: Huecos en el tramo Km 3+000 – Km 6+000....89
Figura 16: Presencia de polvo en el tramo Km 3+000 – Km 6+000....89
Figura 17: Erosión en el tramo Km 6+000 – Km 9+000....92
Figura 18: Presencia de polvo acumulado en el tramo Km 6+000 – Km 9+000....92
Figura 19: Ahuellamientos en el tramo Km 9+000 – Km 12+000....95
Figura 20: Desgaste de la superficie de afirmado en el tramo Km 9+000 – Km 12+000....95
Figura 21: Desgaste de la superficie de afirmado en el tramo Km 12+000 – Km 15+000....98
Figura 22: Huecos en el tramo Km 12+000 – Km 15+000....98
Figura 23: Acumulación de polvo a los extremos en el tramo Km 15+000 – Km 18+000....101
Figura 24: Ahuellamientos en el tramo Km 15+000 – Km 18+000....101
Figura 25: Presencia de polvo en el tramo Km 18+000 – Km 21+000....104
Figura 26: Erosión en el tramo Km 18+000 – Km 21+000....104
Figura 27: Ahuellamientos en el tramo Km 21+000 – Km 24+000....107
Figura 28: Acumulación de polvo en el tramo Km 21+000 – Km 24+000....107
Figura 29: Desgaste de la superficie de afirmado en el tramo Km 24+000 – Km 27+000....110
Figura 30: Gráfico de Tipo de pavimento....115
Figura 31: Gráfico de Tipo de deterioro....116
Figura 32: Gráfico de Nivel de deterioro....116
Figura 33: Gráfico de Condición del pavimento....117
Figura 34: Gráfico de Efectos que generan el mal estado de los pavimentos....117
Figura 35: Gráfico del Efecto del deterioro sobre el tránsito vehicular....118
Figura 36: Gráfico de Causas del mal estado de los pavimentos....118
Figura 37: Certificado de Control de Calidad de Emulsión CQS-1HP....128
Figura 38: Certificado de Diseño y Dosificación del Mortero Asfáltico CQS-1HP....129
Figura 39: Manual de Carreteras – MTC....132
Figura 40: Manual de Ensayos – MTC 2016....133
Figura 41: Visita de campo a la carretera Lucma - 09 de Octubre....134
Figura 42: Identificación de la zona de estudio....134
Figura 43: Presencia de polvo afectando la flora de la zona....135
Figura 44: Acumulación de polvo a los bordes de la carretera Lucma - 09 de Octubre....135
Figura 45: Desgaste de la superficie de la carretera Lucma - 09 de Octubre....136
Figura 46: Ahuellamientos pronunciados en la carretera Lucma - 09 de Octubre....136

Figura 47: Desprendimiento de material pétreo en la carretera Lucma - 09 de Octubre.....137
Figura 48: Pérdida de finos en la carretera Lucma - 09 de Octubre.....137
Figura 49: Emulsión asfáltica CQS-1HP.....138
Figura 50: Emulsión asfáltica CQS-1HP.....138
Figura 51: Imprimación.....139
Figura 52: Colocación de Mortero Asfáltico CQS-1HP con camión Micropavimentador.....139
Figura 53: Acabado final de la Carretera 139
Figura 54: Inicio de carretera división Cascas – Baños Chimu 140
Figura 55: Vista de tramo de carretera Div. Cascas – Baños Chimú, margen derecho rio Chicama. ..141
Figura 56: Tramo Km 5+000 de la carretera Div. Cascas – Baños Chimú 141

RESUMEN

Teniendo en cuenta que la carretera Lucma - 09 de Octubre, del distrito de Lucma, provincia de Gran Chimú, departamento La Libertad, se encuentra en un estado de deterioro especialmente con la presencia de abundante polvo, el que, con una adecuada gestión y utilización de recursos puede ser mantenida, logrando un ahorro en los costos de construcción y aumento la vida útil, surge la necesidad de plantear como una alternativa económica para el mejoramiento de la carretera, razón por la cual desarrollamos la técnica de Micropavimento con emulsiones asfálticas Modificadas mediante un estudio completo. Otro de los aspectos estudiados es la descripción de los procesos de diseño en cumplimiento de las normas que rigen el MTC, así mismo los adecuados métodos de aplicación en el proceso constructivo mediante el uso de maquinarias necesarias, equipos y personal con la finalidad de lograr calidad en el trabajo y reducir al mínimo sobrecostos. El Micropavimento con emulsiones asfálticas modificadas es una tecnología que se ira expandiendo en nuestro país, con el único objetivo de tener una buena estructura en el pavimento, además de que su uso es amplio como el de recuperar, impermeabilizar capas de rodadura de pavimentos viejos y fisurados. Es importante tener en cuenta que en este tipo de pavimentos se pueden colocar sobre superficies de carreteras afirmadas existentes que en su gran mayoría se encuentran a este nivel. Esta tecnología al ser utilizada de manera masiva en los Estado Unidos, Europa, Brasil, Argentina, Uruguay, Ecuador, Venezuela , Chile y Paraguay, sean punto de referencia para otros técnicos y autoridades gubernamentales en la toma de decisiones y optar por su uso en el mantenimiento de las carreteras de nuestro país.

ABSTRACT

Taking into account that the road Lucma - October 09, Lucma district, Gran Chimú province, La Libertad department, is in a state of deterioration especially with the presence of abundant dust, which, with proper management and use Of resources can be maintained, achieving savings in construction costs and increase the useful life, arises the need to pose as an economic alternative for the improvement of the road, which is why we developed the Micropayment technique with Modified asphalt emulsions using A complete study. Another aspect studied is the description of the design processes in compliance with the norms that govern the MTC, as well as the appropriate methods of application in the construction process through the use of necessary machinery, equipment and personnel in order to achieve quality At work and minimize overcharges. The Micropayment with modified asphalt emulsions is a technology that will expand in our country, with the sole objective of having a good structure in the pavement, in addition to its wide use as to recover, waterproofing layers of old pavement rolling and Cracked It is important to note that in this type of pavements can be placed on surfaces of existing roads that are mostly found at this level. This technology, when used in a massive way in the United States, Europe, Brazil, Argentina, Uruguay, Ecuador, Venezuela, Chile and Paraguay, are a point of reference for other technicians and governmental authorities in decision making and opt for their use in The maintenance of the roads of our country.

CAPITULO 1. INTRODUCCION

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Rodríguez, E. (2014, enero 22). Revista Construcción, menciona que, las redes de carreteras son una pieza clave para el desarrollo económico de cualquier país, siendo fundamental proyectar una expansión estratégica y sostenida, así como un adecuado mantenimiento de las mismas para garantizar unas conexiones de calidad entre las diferentes partes de un territorio geográfico. Actualmente los Estados Unidos cuentan con la red de carreteras más grande del mundo, seguida de China e India, los dos países más poblados del planeta. Así mismo clasifica las 10 redes de carreteras más grandes del mundo, siendo la primera los Estados Unidos con una red de carreteras que supera los 6,58 millones de kilómetros de longitud total, siendo por tanto la red de carreteras más larga y más grande del mundo. Concretamente, se compone de aproximadamente 4,3 millones de kilómetros de carreteras pavimentadas, incluyendo 76.334 kilómetros de autopistas y 2,28 millones de kilómetros de carreteras sin pavimentar. Actualmente su red incluye muchas de las carreteras más largas del planeta y varios récords mundiales, la extensa red de carreteras del país está compuesta por tres categorías; autopistas interestatales (Interstates), carreteras numeradas (US Routes) y carreteras estatales. La Interestatal 90 (I-90), que conecta Seattle, Washington, Boston y Massachusetts, abarca más de 4.990 kilómetros, siendo la autopista más larga del país. Sin embargo, es la Ruta 20 (U.S. Route 20) con sus 5.415 kilómetros de longitud, la que ostenta el título de ser la carretera más extensa de los Estados Unidos; India con una extensión de más de 4,1 millones de kilómetros (según datos de 2012), se ubica como la segunda grande del mundo. Su red de carreteras se ha convertido en la infraestructura de transporte clave, ya que asume el 80% del tráfico total de pasajeros del país, así como el 65% del tráfico de mercancías. La red de carreteras de la India cuenta con más de 79.000 kilómetros de carreteras nacionales y autopistas, más de 1,5 millones de kilómetros de carreteras estatales y aproximadamente 2,5 millones de kilómetros de carreteras secundarias y comarcales. Las carreteras nacionales representan poco menos del 2% de toda la red vial, pero soportan aproximadamente el 40% del total del tráfico por carretera del país. La red de autopista conocida como Golden Quadrilateral, que se extiende por 5.846 kilómetros conectando Delhi, Bombay, Chennai y Calcuta (las cuatro principales ciudades de la India); La red de carreteras españolas, con exclusión de las carreteras no pavimentadas, se extienden por más de 683 mil kilómetros siendo la décima red más grande en el mundo, contando con 16.205 kilómetros de autopistas (incluyendo 2.538 kilómetros

de carreteras de peaje administradas por empresas concesionarias), 25.733 kilómetros de carreteras nacionales y más de 71.000 km de carreteras regionales; La red de carreteras de Brasil es la cuarta más grande del mundo con una longitud total de aproximadamente 1,6 millones de kilómetros. Las carreteras operadas bajo la jurisdicción federal cubren 74.000 kilómetros, mientras que las carreteras de jurisdicción municipal y estatal cubren 1,2 millones de km y 242.000 km respectivamente. La mayoría de las carreteras brasileñas no están pavimentadas y las que si lo están constituyen sólo el 13% del total de la red vial. Concretamente, el país cuenta con 12 carreteras federales y 19 estatales, teniendo en cuenta que el 83% de las carreteras federales y el 50% de las carreteras estatales se encuentran pavimentadas, mientras que la mayor parte de las carreteras municipales están sin pavimentar. La BR-101, que se extiende por 4.800 kilómetros, es la carretera federal más larga del país conectando 12 capitales de los estados brasileños, mientras que la BR-116, una importante carretera federal que recorre de norte a sur el país, se sitúa como la segunda de mayor extensión de Brasil con 4.385 kilómetros. (Rodriguez, 2014)

Tabla 1: Ranking de países con mayor km de carreteras.

N°	PAISES	KM DE CARRETERAS
1	Estados Unidos	6.465.799 km (2012)
2	India	3.316.452 km (2012)
3	China	1.930.544 km (2005)
4	Brasil	1.751.868 km (2004)
5	Japón	1.196.999 km (2006)
6	Canadá	1.042.300 km (2006)
7	Francia	951.500 km (2006)
8	Rusia	933.000 km (2006)
9	Australia	812.972 km (2004)
10	España	681.224 km (2006)
11	Alemania	644.480 km (2006)
12	Italia	487.700 km (2005)

Fuente: Rodriguez, 2014

En la publicación de los países con las mejores y las peores carreteras en América Latina, hay pocos símbolos tan notorios de las limitaciones del desarrollo latinoamericano como el mal estado de sus carreteras, sin embargo, dentro de la región hay una gran variedad en las condiciones de su infraestructura, no siempre es función de su riqueza o pobreza relativa, algunas de las naciones latinoamericanas con economías más exitosas en años recientes afrontan problemas notorios para mantener sus vías, mientras que otras naciones con recursos más limitados han conseguido mejores resultados a la hora de construir carreteras que le hagan la vida más fácil a sus ciudadanos y aumenten la productividad de

sus empresas. Varios estudios coinciden en señalar a un país en particular como el que más ha avanzado en construir un sistema de carreteras de acuerdo con sus aspiraciones de desarrollo y ese es Chile, aparece en varias mediciones, como el ganador regional en infraestructura de carreteras, por su red de 77.764 kilómetros que incluye 2.387 kilómetros de autopistas, y las buenas condiciones en que las mantiene. Un estudio del Foro Económico Mundial, el Informe Global de Competitividad, coloca en su más reciente edición a Chile al frente entre los países latinoamericanos. El reporte, que documenta la opinión de líderes empresariales sobre la situación de las carreteras en su propio país, ha tenido a la nación sudamericana como el mejor clasificado en América Latina por dos años consecutivos, seguida de cerca por Panamá. A igual conclusión llega el Banco Mundial, que en su Índice de Desempeño de Logística, agrupa a los países según la calidad de su infraestructura de transporte (y que por tanto incluye además de carreteras, a puertos y otras obras similares) nuevamente dándole la mayor calificación en la región a Chile, seguido de cerca por México y Panamá. En el puntaje del Banco Mundial, la infraestructura de transporte chilena aparece empatada con la de naciones europeas como Grecia y mejor que la de Bulgaria o Rumania.

Los que tienen más problemas, al otro extremo de las tablas en estos estudios, están naciones con problemas más serios de infraestructura. Tanto los datos del Foro Económico Mundial como los del Banco Mundial ubican a Haití como una nación con particulares retos en este campo. Los 4.266 kilómetros de carreteras construidas en esa nación contrastan con los 19.705 en la vecina República Dominicana, país con el doble de territorio pero que tiene casi cinco veces más vías construidas y que aparece en el quinto puesto del listado del Foro Económico Mundial en cuanto a la calidad de las carreteras en América Latina. Igualmente salen con bajo puntaje en el listado del Foro Mundial Paraguay y Colombia, en donde es notoria la insatisfacción de la población con sus carreteras. El listado del Banco Mundial, por su parte, le otorga muy bajos puntajes en infraestructura a naciones como Nicaragua y Bolivia.

Como puede verse, la existencia de recursos no es el único determinante de la calidad de las carreteras. Sin duda hay también factores geográficos. Brasil, por ejemplo, una nación que sale por debajo de Panamá en el índice del Banco Mundial, tiene dimensiones continentales y el reto de mantener una red de 1.580.965 kilómetros de carretera, casi cuatro veces mayor que la de México y casi 100 veces más grande que la de Panamá. Y por supuesto hay elementos de política y administración interna. "Los proyectos de infraestructura involucran un monto no negligible de complejidad en su planeación, financiación, construcción operación y mantenimiento", le dice a BBC Mundo Pablo

Rodrigues de Almeida, jefe de infraestructura en el Foro Económico Mundial. Entre las dificultades administrativas que menciona el experto están la necesidad de identificar correctamente la demanda que tendrán estos proyectos de infraestructura y, por supuesto, la escogencia de un modelo correcto de financiación para las obras, ya sea público o privado. ***Pocos discuten el enorme impacto económico y social que tienen estos proyectos***, no solo a nivel de la competitividad económica del país, sino a nivel micro, en el nivel de vida de la gente. El Banco Mundial anunció hace poco los resultados de un estudio técnico que mostraba el impacto en la vida cotidiana de la gente causado por un plan de construcción de carreteras en el estado brasileño de Tocantins. "Vimos cosas como un aumento en la participación escolar para las niñas por el impacto de las mejores carreteras", le dice a BBC Mundo Eric Lancelot, experto en transporte de la entidad multilateral. Ante lo que surge la pregunta obvia: cómo hacer para cubrir esa brecha pendiente en la construcción de carreteras en América Latina. Hace un par de décadas se presentó a la privatización y la participación empresarial como la solución mágica que ayudaría a terminar con el atraso en las carreteras. (Luis, 2015)

Tabla 2: Ranking de países con mejor infraestructura de transporte en América Latina.

N°	PAISES DE AMERICA LATINA
1	Chile
2	Panamá
3	Uruguay
4	Argentina
5	Brasil
6	México
7	República Dominicana
8	Perú
9	Ecuador
10	Colombia

Fuente: Manco Mundial - Foro Mundial 2014

En América Latina y el Caribe, el transporte por carretera es el 80% transporte de pasajeros y más del 60% del transporte de carga. En tal sentido, la carreteras deben de mantenerse en buen estado por ser de suma importancia para las diferentes actividades economicas que se de en un determinado lugar independientemente del tamaño que este pueda tener. Para tal efecto se estima que el gasto en carreteras representa entre un 5% y un 10% del total de gastos de un gobierno y puede alcanzar hasta el 20% del presupuesto nacional; asi mismo en términos del valor de sus activos, las carreteras están por encima de otras formas de transporte como los ferrocarriles y las aerolíneas. La construcción y mantenimiento de las mismas generan además grandes cantidades de empleo. (EcuRed)

Algunas de las naciones latinoamericanas mas desarrolladas en años recientes afrontan problemas notorios para mantener sus vías, mientras que otras naciones con recursos más limitados han conseguido mejores resultados a la hora de construir carreteras que le hagan la vida más fácil a sus ciudadanos y aumenten la productividad de sus empresas. (Fajardo, 2015)

Para nuestro país manifiesta: "Un dato que nos permite comprobar el poco nivel de avance que tiene nuestro país en el tema de uso de nuevas tecnologías para la conservación y mantenimiento de la infraestructura vial es el siguiente; 21 Kg/hab/año es el consumo de emulsión asfáltica en Francia, 12.5 Kg/hab/año Usa, Perú está por debajo de 0.10 Kg/hab/año., es por ello que creemos que es momento de que el Perú asuma con seriedad este nuevo reto de optimizar y racionalizar el buen uso de sus recursos, a fin de lograr carreteras seguras y confortables para los usuarios. A pesar que hemos sido exigentes en el cumplimiento de las propiedades estructurales del pavimento, es todavía mucho más importante asegurar buenas características superficiales al mismo, pues de esta dependerá la buena funcionalidad del pavimento. Asegurar condiciones como la resistencia al deslizamiento, macro textura, que son cualidades sencillas de medir; y que a su vez son de suma importancia, pues de ellas dependen la adherencia al neumático, la proyecciones de agua en tiempo de lluvias, el ruido exterior e interior, la comodidad y estabilidad en la marcha, las propiedades ópticas etc. por ello mantener las cualidades funcionales del pavimento también son importantes sobre todo cuando observamos que en la ciudad muchos accidentes también están relacionados con la condición superficial del pavimento". (Davila, 2001).

Tabla 3: Carretera nacional pavimentada

REGIÓN	RED VIAL NACIONAL (RVN) PAVIMENTADA					
	A JULIO DE 2011		A DICIEMBRE DE 2014		A JULIO DE 2016 (proyectada)	
	km	%	km	%	km	% (*)
AMAZONAS	311	36,6	645	75,8	852	100,1
ÁNCASH	803	50,5	975	61,3	1160	73,0
APURÍMAC	288	26,0	680	61,4	793	71,5
AREQUIPA	958	67,5	1080	76,1	1215	85,6
AYACUCHO	423	31,5	1262	93,9	1677	124,8
CAJAMARCA	578	36,4	1225	77,1	1409	88,7
CALLAO	13	100,0	38	288,6	38	288,6
CUSCO	798	43,8	1190	65,3	1217	66,8
HUANCAVELICA	280	22,8	818	66,6	1195	97,4
HUÁNUCO	400	50,8	552	70,2	753	95,8
ICA	546	87,4	588	94,2	693	111,0
JUNÍN	716	62,6	934	81,7	991	86,6
LA LIBERTAD	486	39,1	624	50,1	642	51,6
LAMBAYEQUE	363	77,7	447	95,6	451	96,4
LIMA	1000	69,9	1142	79,8	1226	85,7
LORETO	43	49,0	43	49,0	88	100,0
MADRE DE DIOS	398	99,6	399	100	399	100,0
MOQUEGUA	441	92,6	470	98,8	470	98,8
PASCO	137	24,2	273	48,4	365	64,6
PIURA	908	74,7	1103	90,8	1489	122,5
PUNO	1153	63,1	1396	76,4	1459	79,8
SAN MARTÍN	510	60,1	697	82,1	750	88,4
TACNA	455	71,9	471	76,4	544	86,1
TUMBES	138	100,0	138	100,0	138	100,0
UCAYALI	212	95,8	221	99,8	222	100,0
PERÚ	12 358 km	53,6%	17 411 km	75,5%	20 235 km	87,7%

(*) Los porcentajes mayores a 100% obedecen a que en este periodo (julio 2011 a la fecha) se han reclasificado nuevas rutas, de departamentales a nacionales.
Nota: porcentaje de la RVN pavimentada a la fecha = Km RVN pavimentada a la fecha / Km RVN existente a julio de 2011.

MTC

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

El estado situacional del distrito de Lucma, referente a su única vía de comunicación la carretera: Lucma - 09 De Octubre, con una longitud de 27 km. Se encuentra en una situación intransitable debido al deterioro de la capa de rodadura de la vía, la misma que por el alto transido de vehículos pesados que trasladan diariamente minerales y a falta de mantenimiento presenta baches, polvo, baches, ahuellamientos profundos y erosión, los que requieren con suma urgencia un mantenimiento que corrija estos defectos y dar seguridad y confort a la población usuaria.

La entidad que rige y controla el estado de las vías de comunicación, en este caso, el mantenimiento de la carretera Lucma - 09 de octubre, es el Ministerios de Transportes y Comunicaciones del Perú, a través del PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DESCENTRALIZADO en convenio con el Gobierno Regional de La Libertad, entidad comprometida en mantener operativa la vía.

(Coyago Vega, 2015) En su trabajo de Mantenimiento Periódico, indica que busca hacer conocer las bondades de los métodos de diseño internacional para la conservación de la infraestructura vial, mediante el uso de emulsiones y comprobar en campo su funcionalidad; las aplicaciones de sellos asfálticos con asfaltos emulsificados de ruptura lenta, rápida y controlada, que son de corto tiempo de ejecución, apertura rápida al tráfico, las mismas que causan mínimas molestias al usuario, utilizando materiales producidos localmente, los mismos que son ecológicamente libre de contaminantes; las metodologías de diseño se basan en los métodos del centro de investigaciones de Bélgica, método de Linckenhey y el método de McLeold como también en las normas de la ISSA (International SlurrySurfacingAssociation) para evaluación de materiales, pruebas de rendimiento en laboratorio, como también las normas AASHTO American Association of StateHighwayOfficials y ASTM American Standard TestingMaterials; el plan contempla realzar un seguimiento periódico a los tramos de prueba, los mismos que tienen diferentes métodos y procedimientos, según el grado de deterioro inicial y la estructura de pavimento existente en cada uno de los tramos de prueba. La emulsión asfáltica utilizada para este tipo de trabajos es de fabricación nacional, las mismas que son elaborados conociendo primero las características físico-químicas de los agregados, por lo cual siempre se garantiza su adecuado comportamiento, toda vez que se formulan para cada proyecto en específico, teniendo en cuenta como indicamos características de los agregados y condiciones geográficas del proyecto. Las emulsiones asfálticas están constituidas por asfalto (PEN 40/50, 60/70, 85/100 o mayores), en nuestro país se tiene al AC-20 que está compuesto de agua y emulsificante, a diferencia de los asfaltos diluidos, los asfaltos emulsionados no contaminan el medio ambiente, lo único que liberan al medio ambiente es agua, además los emulsificantes utilizados en el proceso de emulsificación del asfalto son aminas y/o poliaminas, esta aminas o poliaminas son conocidos en el mundo del asfalto como MEJORADORES DE ADHERENCIA, estos mejoradores de adherencia se incorporan al asfalto emulsionado dentro del proceso de emulsificación, permitiendo garantizar la óptima adherencia entre el agregado. Consideramos que el uso de las emulsiones asfálticas es una eficiente y por qué no la mejor alternativa para lograr una ejecución eficiente en costos, amigable con el medio ambiente y de alta durabilidad.

(Salinas, 2009). Dentro de los objetivos principales de su tesis plantea: dar a conocer técnicamente ésta nueva aplicación de micropavimento con asfaltos modificados con polímeros para la rehabilitación de vías y demostrar la mejora de las propiedades reológicas del asfalto modificado en relación con el asfalto convencional; se detallan los asfaltos PEN 85-100 provenientes de la refinería de Talara, Repsol y Conchan que

fueron ensayados con los polímeros LG 501, Kraton y Taipol; así mismo los ensayos para evaluar la compatibilidad y elegir uno, el mismo que se empleó para la dispersión durante la ejecución del proyecto, al comparar los resultados obtenidos con el asfalto modificado respecto de un asfalto tradicional, se halló que en el diseño de mezcla de un asfalto convencional el porcentaje óptimo de asfalto fue 6.4% mientras que de un asfalto modificado fue 6.3%. Esto indica que, en términos económicos, no hay un "ahorro" durante la ejecución de la vía, sin embargo, sí se espera que se prolongue la vida útil del pavimento, lo cual significa economizar durante la etapa de operación y mantenimiento. (Barrionuevo Aldaz, 2012).El Micro pavimento es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para protección, compuesta por agregados, emulsión asfáltica, filler mineral, y agua, la cual es aplicada de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades antideslizantes, también cuenta con propiedades impermeabilizantes. Se aplica para mantenimiento preventivo o correctivo con espesores desde 3 a 10 mm.

En materia de este estudio no se encontró antecedentes de estudios, pero si intervenciones de mantenimiento con esta metodología de trabajo en la carretera: ***"Mantenimiento Periódico de La Carretera Ruta N° LI-106, Tramo: Emp. PE-1N F (El Cruce) – Pte Jolluco – El Tambo – Pte Pinchaday – Baños Chimú"***, a través del Gobierno Regional La Libertad - Dirección de Transportes. Se ejecutó 26.00 Km., bajo la partida de "Control de polvo mediante mortero asfaltico", habiendo utilizado para este tratamiento la Emulsion Asfaltica Tipo CQS-1HP (Rotura lenta) en una proporción de 0.7 Glns/m2 para un espesor de 10 mm. (Exp. Técnico GRLL 2015).

La empresa Concar ha utilizado en sus diferentes proyectos a nivel nacional la Emulsión Asfáltica es el caso de tres de sus proyectos culminados (Arequipa – Matarani, IIRSA Norte y Ayacucho - Andahuaylas) y trece proyectos en ejecución en la que se utilizan este insumo a través de instalación de plantas.

El 25 de Julio del año 2012, el MTC a través de Provias Nacional adjudicó la buena pro para el "Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp - Pe 04-B (Hualapampa) - Sóndor - Huancabamba - Pacaipampa - Socchabamba - Puesto Vado Grande - Sóndor- Tabaconas - Emp- Pe 5N (Ambato) - Huancabamba - Canchaque y Socchabamba - Ayabaca"; obra que alcanza cerca de 600 kilómetros de vías carrozables a través de pavimentos económicos mediante la utilización de emulsiones Asfalticas, las que estarán en constante mantenimiento durante 5 años a través del "Proyecto Perú". La obra será ejecutada por el Consorcio Gestiones Viales del Norte, integrado por las empresas constructoras Obras de Ingeniería S.A. (OBRAINSA), SVC/

Ingeniería y Construcción S.A. y ODEBREHT Perú Operaciones y Servicios S.A.C.; por un monto de S/. 241'319,402.59 Nuevos Soles y los trabajos se iniciaron el mes de setiembre del año 2012.

La Red Vial los Caminos Departamentales y caminos vecinales del país, todo un problema, como consecuencia de las lluvias, desgaste prematuro de la superficie de rodadura afirmado, presencia de polvo que afecta la salud de los viajeros y pobladores que viven adyacente a la carretera, todo ello hace que la vía se encuentre intransitable, con el consecuente malestar general de la población beneficiaria. Los efectos de todo esto es el elevado costo de transporte, demora en el traslado vehicular de un punto a otro, deterioro en la calidad de vida de los usuarios, deterioro prematuro de los vehículos que transitan por la carretera, de igual manera el alto costo que significa el mantenimiento de estas vías que generan mayores gastos a los gobiernos regionales y locales, que imposibilita realizar estos trabajos de manera permanente. En el caso específico de la carretera Lucma - 09 de Octubre, ubicada en el distrito de Lucma, provincia de Gran Chimú del departamento de La Libertad; no escapa de estas deficiencias y deterioros, haciendo que movilizarse de un punto a otro se demore casi dos horas en una longitud de carretera de 27 Km., encareciendo los costos de transporte público y productos agrícolas que se produce el valle. El deterioro continuo de esta vía como los ahuellamientos profundos, huecos y polvo en gran cantidad, conducen a un desgaste y deterioro prematuro de los mismos, siendo el IMD en este tramo muy escaso. Es por ello que se planteó la propuesta de utilización de emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera 9 de octubre, para mejorar la transitabilidad vehicular del distrito de Lucma- provincia de Gran Chimú- La Libertad, con el que se lograría dar una pendiente uniforme, dureza, durabilidad, limpieza debido al acabo que se tiene, y a la vez la rapidez de los viajes hacia los demás pueblos cercanos, ofreciendo seguridad y confort a los usuarios, con el cual se estaría contribuyendo al cambio de la calidad de vida y desarrollo económico del distrito de Lucma.

(QuimicaLatinoamericana). Indica que la Emulsión Asfáltica Modificada proporciona a los pavimentos mejores propiedades Geológicas, proporcionándole elasticidad, mayor viscosidad, mayor punto de ablandamiento, menor susceptibilidad térmica y con mayor resistencia al envejecimiento debido al aire y a los rayos ultravioleta, resumiéndose en mejor desempeño y mayor tiempo de vida útil, es decir que duraría muchos años. Y se puede aplicar en: Riegos, Morteros asfalticos (slurry seal), Micro-pavimentos surfacing, Mezclas asfálticas en frio, Mezclas para bacheo, Mezclas densas, Reciclado. Logrando así tener carreteras en excelentes estado con menos huecos, permitiendo el desarrollo de los pueblos en los aspectos de seguridad vial.

Las principales ventajas que caracterizan el uso de emulsiones asfálticas es la considerable reducción de costos para la construcción y conservación de los caminos, ya que la adecuada trabajabilidad que presentan a temperaturas menores permiten un ahorro energético considerable, esto sumado a que las aplicaciones con emulsiones son de espesores mucho menores que los utilizados en mezclas tradicionales, permitiendo ahorro en el uso de material y tiempos de construcción.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la utilización de la emulsión asfáltica modificada en mejorar la transitabilidad vehicular mediante su uso en el mantenimiento de la carretera Lucma - 9 de octubre en el distrito de Lucma, provincia Gran Chimú – La Libertad?

La carretera Lucma - 09 de Octubre, en la actualidad, perteneciente al distrito de Lucma, provincia de Cascas, departamento de La Libertad, se encuentra en mal estado a falta de mantenimiento y buenas prácticas de conservación, con abundante presencia de fallas o patologías como los baches, ahuellamientos, erosiones, derrumbes, desgaste y la presencia abundante cantidad de polvo, siendo este último el problema principal de la carretera por su ubicación geográfica ya que casi todo el tramo es zona desértica, no existe agua, solo en temporadas de lluvia.

1.3. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

De acuerdo a lo que manifiesta (Davila, 2001) “es sabido que caminos o carreteras con bajos índices de trafico como son los que se encuentran en la sierra y selva de nuestro país; solo son rehabilitados o mantenidos reponiendo su capa granular (afirmado). Por otra parte, estas capas duran sólo en época secas, (es decir, unos cuantos meses) ya que inmediatamente, con la llegada de las lluvias y debido al tráfico de vehículos; éstas se deterioran rápidamente presentando baches y pérdida de finos. En este caso, un tratamiento superficial asfáltico de protección y buenas condiciones de drenaje pueden evitar el deterioro prematuro en la superficie de las mencionadas carreteras. Tratamientos superficiales con riego de gravillas o recubrimientos de slurry seal (mortero asfáltico) pueden ser usados como una alternativa a capas de rodadura asfálticas convencionales”.

Tomando en cuenta estas consideraciones proponemos que es muy conveniente la utilización de la emulsión asfáltica en la protección de las vías en deterioro a falta de mantenimiento, con ello se estaría solucionando el problema del tramo carretera Lucma - 09 de Octubre.

El aporte de este trabajo contribuirá principalmente al desarrollo socio económico de los beneficiarios, especialmente de los pobladores del distrito de Lucma, así mismo su durabilidad y la menor frecuencia de uso después de su colocación hacen muy económicos el proceso de mantenimiento de las vías. Por otro lado, su rápido fraguado hace que la vía entre en servicio después 3 horas de su colocación, su fácil procedimiento de colocación en los pavimentos, con el menor número de maquinarias las hacen muy eficientes.

El presente estudio de investigación se justifica **teóricamente** porque pretende generalizar el uso de la Emulsión Asfáltica en las capas de rodadura de los pavimentos de nuestras carreteras vecinales, así mismo también ser usados en los mantenimientos periódicos de las mismas, a pesar de que el estado cuenta con un Ministerio de Transportes y Comunicaciones, no ha impartido el conocimiento tecnológico referente a esta alternativa a los gobiernos locales en especial las más lejanas y pequeñas tienen un escaso conocimiento al respecto.

Así mismo, de manera **práctica,** es también pertinente al permitir solucionar los problemas de transitabilidad como; retrasos en ir de un lugar a otro, así como evitar los accidentes de tránsito, deterioro y desgaste prematuro de los vehículos, traerá consigo un mayor crecimiento económico, mayor desarrollo sociocultural al unir a distintos pueblos con la zona de Lucma.

Este proyecto proporcionara información acerca de nuevos materiales y tecnologías de construcción en el mantenimiento de carreteras, que no han sido utilizados aun en las carreteras de la provincia, por falta de conocimiento por parte de las autoridades encargadas de la ejecución de tales obras, es así que habiendo explicado los beneficios de los nuevos materiales y nuevas tecnologías de construcción. En tal sentido si se lograra utilizar en la carretera de Lucma sería una de las más seguras y más confiables vías de comunicación.

Esta tesis servirá como referencia a los profesionales y autoridades gubernamentales en la toma de decisiones para proyectos viales de inversión pública, así como a futuros tesistas que puedan ampliar sus investigaciones, ya que es un tema poco usado en el mantenimiento de carreteras; cabe destacar que el mayor porcentaje de las vías de comunicación de nuestro país se encuentran muy descuidadas, no están asfaltadas, se encuentran a nivel de trocha, otras con capas de afirmado y con miles de kilómetros sin asfaltar. Además, este tema se va utilizar académicamente con el fin de formar a personas capacitadas para utilizar esta tecnología, logrando de esta manera que nuestras carreteras unan a pueblos y ciudades con desarrollo económico y social.

1.4. LIMITACIONES

Las limitaciones que existen para el desarrollo del presente proyecto es el acceso a información técnica por parte de la Municipalidad Distrital de Lucma, al no existir un área que nos dé información al respecto, los que han sido resueltas con datos proporcionados por empresas constructoras que han trabajado en el distrito e información por parte del Provias Descentralizado – MTC, oficina Zonal de la Libertad, con sede en la ciudad de Trujillo.

1.5.OBJETIVOS

a. Objetivo General:

Determinar cómo influye la utilización de la emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera: Lucma - 09 de octubre, para mejorar su transitabilidad.

b. Objetivos específicos:

- Reducir costos de inversión en el mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial.
- Ofrecer durabilidad de la superficie de rodadura de la carretera.
- Prolongar la vida útil de la carretera.

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes.

(Álvarez Dueñas, 2011), en su tesis: "Uso de los Morteros Asfálticos en Vías: Colocación del mortero asfáltico Slurry Seal en la vía La Armenia – Pacto tramo Gualea Cruz – Pacto", el cual busco determinar el impacto de la colocación del mortero asfáltico Slurry Seal en la vía La Armenia – Pacto tramo- Gualea Cruz – Pacto, para tal efecto llevo a cabo ensayos y evaluaciones de los materiales a utilizar así como diferentes estudios comparativos, obtuvo los siguientes resultados: La diferencia de precios entre los costos es de 197.528,64 dólares lo que representa un ahorro del 39,70% con respecto al Doble Tratamiento Superficial Bituminoso. La colocación del mortero asfáltico Slurry Seal es más conveniente en todos los aspectos, a pesar de que el precio unitario del doble tratamiento Superficial Bituminoso es de $2,10 y el del mortero asfáltico Slurry Seal es de $2,42. En la cual llego a la conclusión de que el uso más adecuado y conveniente del mortero asfáltico es el de revestimiento para proteger una carpeta envejecida, degradada y fisurada por envejecimiento, defecto constructivo o el mismo uso, pero sobre un paquete estructural que aún pueda soportar carga de tráfico por varios años, ya que la nueva capa no aporta estructura al pavimento, pero sí colabora en su preservación, protegiéndolo del efecto del agua superficial, sirviendo, además, para corregir pequeños defectos superficiales que podrían afectar la seguridad del tráfico y reducir la vida útil del pavimento. Esta tesis aporta en la metodología de trabajo para llevar a cabo la demostración del porque utilizar la emulsión asfáltica en el mantenimiento de la carretera de Lucma, así como el esquema de marco teórico.

(Rolando, 2002) con el título "Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluidos RC-250 y emulsión" encontró que: el uso de emulsiones asfálticas en nuestra región serían una buena alternativa de solución a los problemas de adherencia ligante-agregado presentados en las carpetas asfálticas en Piura. Como consecuencia, se tendrían pavimentos terminados de mejor calidad y más durables que las carreteras fabricadas con diluido. Además, presenta ventajas técnicas, económicas, de seguridad y protección ambiental frente a los diluidos, las cuales están siendo desaprovechadas en nuestra región. Esta tesis aporta en los beneficios de utilizar emulsiones asfálticas en las carreteras, así como también con las diferencias entre este método y los tradicionales.

(Salgado Bocaz, 2008), en su tesis: “Diseño de Base tratada de Escoria de Vanadio con Asfalto espumado para Caminos Básicos”, el cual busco Diseñar una base tratada de Escoria de Vanadio con asfalto espumado y analizar su comportamiento como un tipo de solución para caminos básicos. Para tal efecto llevo a cabo Investigaciones sobre las tecnologías de reciclado en frío y sus aplicaciones, análisis de las propiedades de la Escoria de Vanadio, determinación de una dosificación óptima de asfalto espumado para ser aplicada a la Escoria de Vanadio y analizar el comportamiento de esta con el asfalto espumado, determinación de una dosificación óptima de asfalto espumado, para ser utilizada como base asfáltica mediante un diseño alternativo.; en la cual llego a la conclusión que la Escoria de Vanadio es un material pobre en partículas finas, además de poseer discontinuidad en su granulometría, específicamente en los menores tamaños, debido a esto el mortero asfáltico formado con el asfalto espumado, es escaso y no alcanza a unir todo el material para producir las resistencias necesarias a la Tracción Indirecta para cumplir con lo requerido, esto con bajos porcentajes de asfalto, esto queda expuesto en el diseño de Escoria de Vanadio con asfalto espumado, pero al aumentar la cantidad de asfalto este se adhiere a partículas de mayor tamaño logrando formar un mortero asfáltico con estas partículas y así resistir los 200 KPa. Requeridos como resistencia al ITS seco.

(Ramirez Gutierres, 2003) en su tesis: “Uso de la geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos”, busco determinar las características de la fibra de vidrio su impacto en los pavimentos, para ello se realizaron ensayos comparativos de una viga reforzada con geogrilla de fibra de vidrio, así como con diferentes vigas, las cuales no contenían ningún sistema para retardar la aparición de fisuras o contenían alguno distinto a la geogrilla de fibra de vidrio. De este modo se llegó a las siguientes conclusiones: Tanto la viga con geogrilla de fibra de vidrio, como la viga reforzada con mortero asfáltico, retardan en gran medida la aparición de grietas en la superficie, la línea de investigación en el campo de la mecánica de materiales aplicada a la ingeniería de pavimentos, es poca en la actualidad, más aún en nuestro país, la mecánica de materiales tiene que mucho que aportar al estudio de pavimentos, y su inclusión permitiría conocer mejor su comportamiento. Esta tesis aporto con la importancia de utilizar la fibra de vidrio como parte del nuevo método para el mejoramiento de las carreteras.

(ARANDA GUERRERO, 2010) .Manifiesta que la red vial en el Perú está compuesta por más de 78,000 km. de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. Estas rutas están a

cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del ministerio de Transportes y Comunicaciones, quien tiene la función de mantener y ampliar dichas vías. Por la calidad y el tipo de vehículos que las recorre podemos clasificarla en 3 categorías: autopistas, carreteras asfaltadas y caminos afirmados; las autopistas cuentan con dos carriles principales y uno de seguridad en cada sentido de circulación, separados por una berma y poseen buena señalización. En el Perú existen cerca de 300 km. de autopistas que corresponden a los tramos de acceso norte y sur a Lima a través de la Carretera Panamericana; las carreteras asfaltadas sólo cuentan con un carril principal y una berma de seguridad en cada sentido de circulación, separadas por un interlineado. En este tipo de vía la señalización y los servicios básicos varían en relación a la cercanía de las ciudades principales; la mayor parte de las vías peruanas son caminos afirmados construidos en base a tierra y ripio. Existen 3 tipos de caminos afirmados en el Perú: los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios, vecinales y las trochas carrozables.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Asfalto

(Rolando, 2002), indica que el asfalto es un material de color negro y su consistencia varía entre sólido y semisólido dependiendo de la temperatura, a mayor incremento de temperatura se vuelve líquido, en este estado al mezclarse con los agregados permite cubrir todas las áreas de una partícula (agregados). El asfalto que se utiliza en pavimentos flexibles, comúnmente denominado ***cemento asfáltico***, es un material viscoso y pegajoso que se adhiere fácilmente a las partículas de los agregados en un pavimento; otra de sus características es que es impermeable, no le afectan los ácidos, los álcalis (bases) o sales.

Según (Hernandez Mendoza, 2010) **el asfalto lo clasifica en: Asfaltos solidos o duros,** son asfaltos que tienen una penetración a temperatura ambiente menor que 10 ºC, tiene propiedades aglutinantes, impermeabilizantes, flexibles, durables, tiene resistencia a la acción de la mayoría de los ácidos, sales y alcoholes; **los asfaltos líquidos,** tienen una consistencia blanda, de fácil penetración en suelos permeables; **asfalto de curado rápido,** utiliza el disolvente tipo nafta, de ello se obtienen los asfaltos rebajados de curado rápido denominados como RC (Rapid Curing), numerados de acuerdo al grado de viscosidad cinemática en centiestokes**; Asfalto de curado medio,** si el disolvente es queroseno, se designado con letras iniciales MC (Medium Curing), seguidos con un número que indica el grado de viscosidad cinemática medida en centiestokes; **y el asfalto de curado lento**,

cuyo fluidificante es aceite liviano, relativamente poco volátil y se designa por las letras SC (Slow Curing), seguidos de un número que indica el grado de viscosidad cinemática medida en centiestokes.

(Civil, 2012). **Las propiedades físicas del asfalto**: es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero; capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes. Es un componente natural de la mayor parte de los petróleos, en los que existe en disolución y que se obtiene como residuo de la destilación al vacío del crudo pesado. Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se le combina usualmente. Asi mismo **las propiedades químicas:** al igual que el petróleo crudo, el asfalto, es una mezcla de numerosos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno; casi en su totalidad solubles en sulfuro de carbono.

2.2.2. Agregados.

(Cáceres, 2010) indica que los agregados son piedras trituradas de diferentes dimensiones (piedra triturada, grava, arena, etc.), mayormente compuesta de partículas individuales. Estos materiales sirven para fundaciones y pavimentos, cuyas propiedades son: granulometría, forma y redondez de la partícula, propiedades superficiales, impurezas, físicas y mecánicas, químicas y mineralógicas.

El agregado, también conocido como material granular o agregado mineral, es cualquier mineral duro e inerte que es usado en forma de partículas graduadas, como parte de un pavimento de mezcla asfáltica. Los agregados que son típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria y polvo de roca. Estos constituyen entre el 90 y 95% en peso, y entre el 75 y 85% en volumen, de la mayoría de las estructuras de pavimento. El comportamiento de un pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que él mismo proporciona la mayoría de las características de la capacidad portante de la estructura de pavimento.

2.2.2.1 Clasificación de agregados

Las rocas se dividen en tres tipos generales: sedimentarias, ígneas y metamórficas. Esta clasificación está basada en el tipo de formación de cada roca.

- **Rocas sedimentarias**

  Este tipo de rocas, se forman por la acumulación de sedimentos (partículas finas) en el agua o a medida que el agua se deposita. El sedimento puede consistir de partículas minerales o fragmentos (como es el caso de la areniscas y la arcilla esquistosa); de residuos de productos animales (algunas calizas); de plantas (carbón); de los productos finales de una acción química o una evaporación (sal, yeso), o de la combinación de cualquiera de estos tipos de materiales.

  Dos términos que usualmente se aplican a rocas sedimentarias son silíceo y calcáreo. Rocas sedimentarias silíceas son aquellas que contienen un alto porcentaje de sílice. Aquellas rocas que contienen un alto porcentaje de carbonato de calcio (calizas) son las llamadas calcáreas.

  Las rocas sedimentarias se encuentran, normalmente, en capas o estratos, dentro de la corteza terrestre. Esta estratificación es el resultado directo de la manera en que se formaron las rocas sedimentarias: a partir de depósitos de partículas finas, generalmente sedimentados sobre el fondo de lagos o mares antiguos.

- **Rocas ígneas**

  Las rocas ígneas constan de material fundido (magma) que se ha enfriado y solidificado. Existen dos tipos de rocas ígneas: extrusivas e intrusivas.

  Las rocas ígneas extrusivas, son aquellas formadas a partir del material que se ha vertido afuera, sobre la superficie terrestre, durante una erupción volcánica o alguna actividad geológica similar. La roca resultante tiene una apariencia y estructura vidriosa, debido a que el material se enfría rápidamente al ser expuesto a la atmósfera. La riolita, la andesita y el basalto son ejemplos de rocas extrusivas.

  Las rocas intrusivas, por otro lado, se forman a partir del magma, que queda atrapado en las profundidades de la corteza terrestre. Al ser atrapado en la corteza, el magma se enfría y endurece lentamente, lo que permite la formación de una estructura cristalina. En consecuencia, la roca ígnea intrusiva es cristalina en estructura y apariencia; como por ejemplo el granito, la diorita y el gabro. Los movimientos terrestres y los procesos de erosión, traen rocas intrusivas a la superficie terrestre, donde pueden ser explotadas en canteras para ser posteriormente usadas.

- **Rocas metamórficas**

  Las rocas metamórficas son generalmente, rocas sedimentarias o ígneas que han sido transformadas por procesos de intensa presión y calor dentro de la tierra, y también por

reacciones químicas. Es muy difícil determinar el origen exacto de una roca metamórfica en particular, debido a que los procesos de formación son muy complejos. Muchos tipos de rocas metamórficas presentan un rasgo característico: los minerales están alineados en capas o planos paralelos. Partir la roca en el sentido de sus planos es mucho más fácil, que partirla en sus otras direcciones. Las rocas metamórficas que exhiben este tipo de estructura, se denominan foliadas. Ejemplos de rocas foliadas son los gneises, los esquistos (formado de rocas ígneas) y la pizarra (formada de la arcilla esquistosa; una roca sedimentaria).

No todas las rocas metamórficas son foliadas. El mármol (formado de calizas) y la cuarcita (formada de las areniscas) son tipos comunes de rocas metamórficas que no presentan foliación.

2.2.2.2 Fuentes de agregados

Los agregados usados en el pavimento asfáltico se clasifican, generalmente, de acuerdo a su origen. Estos incluyen: agregados naturales, agregados procesados y agregados sintéticos o artificiales.

- **Agregados naturales**

  Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, es decir con poco o ningún tipo de procesamiento. Estos agregados, están constituidos por partículas producidas mediante procesos naturales de erosión y degradación; tales como la acción del viento, el agua, el movimiento del hielo y los químicos. La forma de las partículas individuales es producto de los agentes que actúan sobre ellas. Los glaciares por ejemplo, usualmente producen rocas y guijarros redondeados, y las corrientes de agua producen partículas lisas y redondeadas.

  Los principales tipos de agregado natural que son usados para la construcción de pavimentos, son la grava y arena. La grava usualmente, son partículas de un tamaño igual o mayor que ¼ de pulgada (6.35 mm). La arena usualmente, son partículas de un tamaño menor que 6.35 mm pero mayor que 0.075 mm (No. 200). Las partículas que tienen un tamaño menor a 0.075 mm, son conocidas como relleno minerales, el cual consiste principalmente de limo y arcilla.

  Las gravas y las arenas son clasificadas, además, de acuerdo a su origen. Los materiales producidos en canteras abiertas y usados son ningún procesamiento adicional, son conocidos como materiales en bruto, y los materiales de la ribera de los ríos son conocidos como materiales de canteras de ríos.

- **Agregados procesados**

  Los agregados procesados son aquellos que han sido triturados y tamizados antes de ser usados. Existen dos fuentes principales de agregados procesados: las gravas naturales que son trituradas para volverlas más apropiadas para pavimentos de mezcla asfáltica y los fragmentos de lecho de roca y de piedras grandes que deben ser reducidos en tamaño antes de ser usados en la pavimentación.

  La roca es triturada por tres razones: para cambiar la textura superficial de las partículas de lisa a rugosa; para de esta manera, cambiar la forma de la partícula de redonda a angular y para reducir; así como, mejorar la distribución y la gradación de los tamaños de las partículas. El propósito principal de la trituración, en el caso de los fragmentos de lecho de roca y de piedras grandes, es reducir las piedras a un tamaño que sea manejable. Sin embargo, los cambios en la textura superficial y en la forma de las partículas, son también muy importantes.

  El tamizado de los materiales, después de ser triturados da como resultado una granulometría con cierto rango de tamaño de partícula. Un factor importante en la construcción de pavimentos de buena calidad, consiste en mantener graduaciones específicas de agregados. Sin embargo, por razones económicas, el material triturado es usado tal y como sale del triturador, con muy poco o ningún tamizado. Para un control adecuado de las operaciones de triturado, es determinar si la graduación resultante del agregado cumple, o no, con los requisitos de la obra. El agregado triturado, sin tamizar, es conocido como agregado triturado sin cribar; y es usado satisfactoriamente en muchos proyectos de construcción de pavimentos. Sin embargo, es esencial garantizar que la operación de triturado sea continuamente supervisada para poder producir un agregado que cumpla con las especificaciones.

- **Agregados sintéticos**

  Los agregados sintéticos o artificiales no existen en la naturaleza. Ellos son el producto del procesamiento físico o químico de materiales. Algunos son subproductos de procesos industriales de producción como el refinamiento de metales. Otros son producidos mediante el procesamiento de materias primas, para ser usados específicamente como agregado.

  El producto secundario más comúnmente usado, es la escoria de alto horno. Esta, es una sustancia no metálica que brota a la superficie del hierro fundido durante el proceso de reducción. Una vez que es removida de la superficie del hierro, la escoria es

transformada en pequeñas partículas, templándola inmediatamente en agua, o triturándola una vez que se ha enfriado.

Los agregados sintéticos manufacturados son relativamente nuevos en la industria de la pavimentación. Ellos son producidos al quemar arcilla, arcilla esquistosa, tierra diatomácea procesada, vidrio volcánico, escoria y otros materiales. Los productos finales son típicamente livianos y tienen una resistencia muy alta al desgaste.

2.2.2.3 Propiedades del agregado

En un pavimento densamente graduado de mezcla asfáltica, el agregado conforma el 90 a 95 %, en peso, de la mezcla de pavimentación. Eso hace que la calidad del agregado usado, sea un factor crítico en el comportamiento del pavimento. Sin embargo, además de la calidad, se aplican otros criterios que forman parte de la selección de un agregado en una obra de pavimentación. Estos criterios incluyen el costo y la disponibilidad del agregado. Aún más, un agregado que cumple con los requisitos de costo y disponibilidad, deberá poseer también ciertas propiedades para poder ser considerado apropiado para pavimento asfáltico de buena calidad. Las propiedades más importantes de los agregados que se usan para la construcción de pavimentación son:

- Tamaño y graduación de las partículas
- Dureza o resistencia al desgaste.
- Durabilidad o resistencia al intemperismo
- Limpieza
- Capacidad de absorción
- Forma de partícula y textura de la superficie
- Peso específico

Tamaño y graduación de las partículas

Una propiedad clave de los agregados que se usan en las bases y superficies de las pavimentaciones, es la distribución de los tamaños de las partículas al mezclarlos. La graduación de los agregados, esto es, la combinación de tamaños de partículas en la mezcla, la cual, afecta la densidad, la resistencia, y la economía de la estructura del pavimento.

Se usa un análisis granulométrico, para determinar las propiedades relativas de los diferentes tamaños de partículas en una mezcla de agregados minerales. Para llevarlo a cabo, se pasa una muestra pesada de agregado seco a través de un juego de mallas o tamices cuyo tamaño de abertura ha sido seleccionado previamente. Los tamices se agrupan colocando hasta arriba, los que tienen la abertura mayor, y debajo, aquellos con aberturas

sucesivamente más pequeñas. La muestra de agregado se agita con un vibrador mecánico de mallas y se determina el peso del material retenido en cada tamiz, el cual se expresa como porcentaje de la muestra original. ***En el método T 27 de la AASHTO se dan los procedimientos detallados para ejecutar un análisis granulométrico de agregados y gruesos.***

Las mallas de prueba que se usan comúnmente para los proyectos de pavimentaciones son aquellas con aberturas de 2½, 2, 1½, 1, ¾, ½, 3/8 de pulgada cuadrada para las fracciones grandes; y con 4, 10, 40, 80, 100, y 200 mallas por pulgada para las fracciones más pequeñas. Estas últimas mallas se designan como No. 4, No. 10, etc.
Ciertos términos son usados al hacer referencia a las fracciones de agregado, con el propósito de ayudar a la descripción de las mismas. Estos son:
• ***Agregado grueso,*** material retenido por el tamiz 2.36 mm (No 8)
• ***Agregado fino,*** material que pasa el tamiz de 2.36 mm (No 8)
• ***Relleno mineral,*** fracciones de agregado fino que pasan el tamiz de 0.60 mm (No 30)
• ***Polvo mineral,*** fracciones de agregado fino que pasan el tamiz de 0.075 mm (No 200).

El relleno mineral y el polvo mineral, están presentes en los agregados naturales y también son producidos, como subproducto, en la trituración de muchos tipos de roca. Ellos son esenciales para la producción de una mezcla densa, cohesiva, durable y resistente a la penetración del agua. Sin embargo, un pequeño porcentaje de más, o de menos, de relleno o polvo mineral, puede causar que la mezcla aparezca excesivamente seca o, excesivamente rica (es decir, la mezcla de pavimentación aparecerá como si tuviera muy poco asfalto o demasiado asfalto).

Dureza o resistencia al desgaste

Los materiales que se usan en las mezclas asfálticas deberán ser duros y resistir al desgaste debido al efecto pulido del tránsito y a los efectos abrasivos internos de las cargas repetidas. La estimación más comúnmente aceptada de la dureza de los agregados es la prueba de abrasión de Los Ángeles. La máquina que se usa en esta consta de un cilindro de acero hueco, cerrado en ambos extremos y montado en ejes, en posición horizontal.
Para ejecutar la prueba se coloca dentro del cilindro, una muestra limpia del agregado que se ha de probar junto con un peso estándar de esferas de acero como carga abrasiva. El tambor se hace girar 500 veces a una velocidad de 30 a 33 rpm, después de lo cual se retira la muestra de agregado y se agita en una malla del No. 12 (1.70 mm). El material retenido en el tamiz se lava, se seca hasta alcanzar una masa constante y se pesa. Se reporta como

porcentaje de desgaste, la diferencia entre la masa original y la masa fina de la muestra expresada, como un porcentaje de la masa original. ***El método T 96 de AASHTO da un procedimiento detallado para esta prueba.***

Durabilidad o resistencia al intemperismo

Comúnmente, la durabilidad de los agregados se mide con una prueba de integridad, ***como se describe en el método T 104 de AASHTO.*** Esta prueba mide la resistencia de los agregados a la desintegración en una solución saturada de sulfato de sodio o magnesio. Simula el intemperismo de los agregados que existen en la naturaleza.

Para la prueba, se sumergen fracciones conocidas de agregado que se ha de probar en una solución saturada de sulfato de sodio o magnesio. Luego, se retira el agregado, y se seca en un horno hasta que alcance una masa constante. Se repite este proceso para un número especificado de ciclos, normalmente cinco. Después de los ciclos alternados de mojado y desecación, se divide al agregado en fracciones, haciéndolo pasar por las mallas, y se determina para cada fracción, el porcentaje de pérdida de peso. El porcentaje de pérdida, se expresa como un promedio pesado. Para un tamaño dado de malla, el porcentaje de pérdida promedio por peso, es el producto del porcentaje que pasa por esa malla, y el porcentaje que pasa por esa malla en el material original. El total de estos valores es el valor de prueba de pérdida en porcentaje.

Limpieza

Las especificaciones de obra, generalmente ponen un límite a los tipos y cantidades de materiales indeseables (vegetación, arcilla esquistosa, partículas blandas, terrones de arcilla, etc.) en el agregado. Las cantidades excesivas de estos materiales pueden afectar desfavorablemente el comportamiento del pavimento.

La limpieza del agregado puede determinarse mediante una inspección visual; pero un tamizado por lavado (donde el peso de la muestra de agregado, antes de ser lavado, es comparado con su peso después de ser lavada) proporciona una medida exacta del porcentaje de material indeseable más fino que 0.075 mm (No 200). El ensayo de arena equivalente ***T 176 de AASHTO,*** es un método que determina la proporción indeseable de polvo fino y arcilla en la fracción de agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm (No 4).

Capacidad de absorción

Todos los agregados son porosos, algunos más que otros. La cantidad de líquido, que un agregado absorbe cuando es sumergido en un baño, determina su porosidad.

La capacidad de un agregado de absorber agua (o asfalto) es un elemento importante de información. Si un agregado es altamente absorbente, entonces continuará absorbiendo

asfalto después del mezclado inicial, dejando así menos asfalto en su superficie para ligar las demás partículas de agregado. Debido a esto, un agregado poroso, requiere cantidades, mucho mayores de asfalto que las que requieren un agregado menos poroso.

Los agregados altamente porosos y absorbentes, no son normalmente usados, a menos de que posean otras características que los hagan deseables, a pesar de su alta capacidad de absorción. Algunos ejemplos de estos materiales son la escoria de alto horno y ciertos agregados sintéticos. Estos componentes o ingredientes son altamente porosos, pero también son livianos en peso y poseen alta resistencia al desgaste.

Forma de partícula y textura de la superficie

Por lo general, las especificaciones para agregados que se usan en la construcción de pavimentos, tienen requerimientos relacionados con la forma de la partícula, la textura de la superficie y la limpieza del agregado. Normalmente, las especificaciones para agregados que se usan en las mezclas asfálticas, requieren que los agregados sean resistentes, limpios, durables y libres de cantidades de exceso de piezas planas o alargadas; polvo, bolas de arcilla y otro material indeseable.

Peso específico

El peso específico de un agregado, es la proporción entre el peso de un volumen dado de agregado y el peso de un volumen igual de agua. El peso específico es una forma de expresar las características de peso y volumen de materiales. Estas características son especialmente importantes en la producción de mezclas asfálticas debido a que el agregado y el asfalto son proporcionados, en la mezcla, de acuerdo al peso.

Una tonelada de agregado de bajo peso específico, tiene un volumen mayor (ocupa más espacio en la mezcla), a diferencia de una tonelada de agregado con un peso específico más alto. Por tanto, para poder cubrir todas las partículas de agregado, debe adicionarse más asfalto a una tonelada de agregado con bajo peso específico (debido que tiene un volumen mayor); a diferencia de a una tonelada de agregado con un peso específico más alto (por tener menos volumen).

Una razón por la cual es importante conocer el peso específico de los agregados, es que permite calcular el porcentaje de vacíos de aire, de las mezclas asfálticas compactadas (espacios de aire). Estos espacios, desempeñan una labor importante en la estructura de pavimento terminado.

Todos los agregados son, hasta cierto punto, porosos. Se han desarrollado tres tipos de peso específico para tener en cuenta la porosidad del agregado, ya que esta propiedad de

porosidad, afectará la cantidad de asfalto que se requiere para cubrir las partículas de agregado y también el porcentaje de vacíos de aire en la mezcla final. Estos tres tipos son:

• Peso específico total
• Peso específico aparente y
• Peso específico efectivo

El peso específico total incluye todos los poros de la muestra, con ello, asume que los poros que absorben agua, no absorben asfalto; esto hace una suposición falsa (excepto en casos muy raros).

El peso específico aparente no incluye, como parte del volumen de la muestra, los poros y espacios capilares que se llenarían de agua al mojar la muestra; con ello, asume que todos los poros que son permeables al agua, absorberán asfalto, esto hace una suposición falsa (excepto en casos muy raros).

El peso específico efectivo excluye, del volumen de la muestra, todos los poros y espacios capilares que absorben asfalto; con ello, discrimina entre poros permeables al agua y poros permeables al asfalto, por lo cual hace que esta suposición se acerque al valor correcto, y que debería ser usado en los cálculos de mezclas asfálticas.

2.2.3. EMULSIÓN ASFÁLTICAS

2.2.3.1. Definición de emulsión.

(Alvares Dueñas, 2011) Desde el punto de vista fisicoquímico, una emulsión es una dispersión, estable de un líquido en otro, en el cuál es inmiscible. La dispersión se logra, cuando el cemento asfáltico, convenientemente fluidificado por calentamiento y una solución precalentada de un agente tenso activo en agua, es introducido simultáneamente en un dispositivo dispersor de alta energía como es un molino coloidal. El asfalto se dispersa en forma de glóbulos que son mantenidos estables por acción del emulsificante y cuyos diámetros no superan los 25 micrones, aproximadamente la gran mayoría de ellos son inferiores a 10 micrones. La acción del emulsificante que conduce el descenso de la tensión interracial, se puede interpretar teniendo en cuenta una característica que es común a todos los tenso-activos, las moléculas tienen un extremo que manifiestan afinidad por el agua, y una larga cadena hidrocarbonatada, por su naturaleza orgánica es afín con el asfalto. El proceso de fabricación de la emulsión, se obtiene de la dispersión del cemento asfáltico en agua en forma de pequeños glóbulos obtenidos mediante la fuerza mecánica proporcionada por un molino coloidal y suspendido con ayuda de un emulsificante. Es así

como al ponerse en íntimo contacto con las fases asfalto agua en el molino coloidal, las moléculas del emulsificante se orientan en la interface, creándose una capa mono molecular orientada. La ubicación de las moléculas del emulsificante en la superficie de los glóbulos, constituye un verdadero nexo entre estos y la fase acuosa; de este modo se pueden interpretar químicamente la disminución de la tensión intersticial y la estabilización de la emulsión. Incidentemente, si el emulsificante es de tipo (aniónico o catiónico), lo cual sucede en la inmensa mayoría de las emulsiones para uso vial, los glóbulos están cargados eléctricamente en su superficie, siendo esta carga del mismo signo para todos los glóbulos, la repulsión electrostática contribuye a impedir que los glóbulos se unan entre sí la carga eléctrica es un factor adicional de estabilización.

2.2.3.2. Clasificación y nomenclatura

(Alvares Dueñas, 2011) clasifica por el tipo de emulsificante, en tres categorías: aniónicas, catiónicas y no iónicas. En la práctica los dos primeros son usados ordinariamente en la construcción y mantenimiento viales. Las no iónicas, sin embargo, pueden llegar a ser más ampliamente usadas con el avance de las tecnologías de las emulsiones.

Las clases aniónicas y catiónicas se refieren a las cargas eléctricas que rodean las partículas de asfalto. Este sistema de identificación se deriva de una de las leyes básicas de electricidad-cargas del mismo signo se repelen y cargas contrarias se atraen. Cuando dos polos (un ánodo y un cátodo) se sumergen en un líquido a través del cual fluye una corriente eléctrica, el ánodo se carga positivamente y el cátodo negativamente. Si se pasa una corriente a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto negativamente cargadas estas migrarán hacia el ánodo. La emulsión, entonces, se denomina aniónica. Inversamente partículas de asfalto positivamente cargadas se moverán hacia le cátodo y la emulsión se conoce como catiónica. Con emulsiones no iónicas, las partículas de asfalto son neutras, y por consiguiente no migrarán hacia los polos.

Las emulsiones se clasifican también en base a qué tan rápidamente el asfalto puede sufrir coalescencia: es decir: velocidad de rotura con la cual vuelve a ser cemento asfáltico. Los términos RS, MS y SS han sido adoptados para simplificar y normalizar esta clasificación. Son sólo términos relativos y significan rotura rápida (rapid-setting), rotura media (medium-setting) y rotura lenta (slow-setting). La tendencia a coalescer está estrechamente relacionada con la capacidad de mezcla de una emulsión. Una emulsión RS tiene escasa o ninguna habilidad para mezclar con un agregado, una emulsión MS se espera que mezcle con agregados gruesos, pero no con finos, y una emulsión SS está diseñada para mezclar con agregados finos.

Las emulsiones se subdividen adicionalmente según secuencias de números relacionados con la viscosidad de las emulsiones y dureza de los cementos asfálticos de base. La letra "C" al frente del tipo de emulsión significa catiónica. La ausencia de la "C" significa aniónica o no iónica. Por ejemplo, RS-1 es aniónica o no iónica y CRS-1 es catiónica.

Se han adicionado a las normas ASTM, tres grados de emulsión aniónica de alta flotación y rotura media, que se denomina HFMS. Estos grados se utilizan principalmente en mezclas en planta frías y calientes, riegos de sellado de agregados gruesos y mezclas en vía. Las emulsiones de alta flotación tienen una cualidad específica que permite películas de cubrimiento más gruesas sin riesgos de escurrimiento.
Por otro lado se ha desarrollado un tipo de emulsión de rotura veloz (QS) que es principalmente usado para las lechadas asfálticas. Su uso está creciendo rápidamente debido a que la exclusiva característica de rotura veloz soluciona uno de los mayores problemas como lo es la adherencia entre los áridos y la emulsión, asociados con el uso de las lechadas asfálticas.

Tabla 4: Clasificación de las emulsiones asfálticas

Clasificación	Contenido de Asfalto (% en masa)	Tipo de Rompimiento	Polaridad
ARS-55	55	Rápido	Aniónica
ARS-60	60	Rápido	Aniónica
AMS-60	60	Medio	Aniónica
AMS-65	65	Medio	Aniónica
ASS-55	55	Lento	Aniónica
ASS-60	60	Lento	Aniónica
AIS-60	60	Para Impregnación	Aniónica
CRS-60	60	Rápido	Catiónica
CRS-65	65	Rápido	Catiónica
CRS-70	70	Rápido	Catiónica
CMS-65	65	Medio	Catiónica
CSS-65	65	Lento	Catiónica
CIS-60	60	Para Impregnación	Catiónica

Fuente: Alvares Dueñas, 2011

2.2.3.3. Composición química de las emulsiones

(Alvares Dueñas, 2011) Indica que las emulsiones asfálticas están compuestas de los siguientes componentes:

- Cemento Asfáltico
- Agua

- Emulsificante
- Aditivo

Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico es el componente principal de la emulsión debido a que ésta ocupa entre un 55% a 70% del total de la misma. El correcto funcionamiento del cemento asfaltico dentro del proceso de la elaboración de la emulsión se debe a que ésta tiene que cumplir algunas particularidades de tipo físico-químicas. En la práctica se recomienda que el cemento asfáltico muestre las siguientes características:

- El estado coloidal debe ser de tipo sólido y solido-gel.
- El rango porcentual de contenido de asfáltenos: 18% - 26%
- El rango porcentual de contenido de resinas: 30% - 42%
- El rango porcentual de contenido de aceites: 44% - 50%
- El porcentaje de contenido de resinas cálcicas cíclicas aromáticas es el 15% del contenido de resinas.
- El contenido de parafinas debe ser bajo
- El contenido de ácidos nafténicos debe ser alto, es decir, el índice de acidez debe ser mayor a 1.0
- El índice de penetración debe estar en el rango de -1 a +1.
- Bajo contenido de sal.

El Agua

El agua es el principal componente al momento de determinar la consistencia de la mezcla. Está presente en tres formas:

- Como humedad contenida en los agregados
- Como agua de mezcla
- Como uno de los dos componentes que se encuentra en mayor cantidad dentro de la elaboración mezcla asfáltica.

La cantidad de agua en la mezcla es determinante, por ejemplo, si la cantidad de agua es muy alta (12%), provocará una segregación ya que la mezcla se encuentra muy fluida; en cambio si la cantidad de agua es baja, la mezcla asfáltica perderá la cohesión con el pavimento existente.

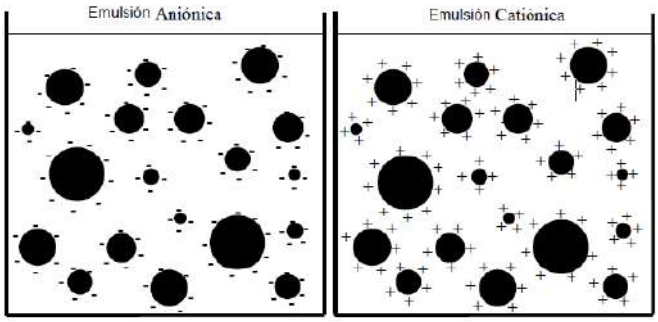
El agua no se lo somete a ensayos de laboratorio, lo único que se tiene que tomar en cuenta es el control de la presencia de minerales, como calcio o magnesio ya que estas afectan sus propiedades químicas.

El Emulsificante

El emulsificante dentro de la mezcla asfáltica ocupa un bajo porcentaje pero a pesar de ello su función es muy importante, ya que el emulsificante se encarga de estabilizar y evitar la coalescencia de la emulsión, esto es, no permite que los glóbulos del asfalto se unan permitiendo estabilidad para la emulsión. Además el emulsificante permite el rompimiento oportuno y cambia la tensión superficial en el área de contacto con el agregado.

Los emulsificantes están compuestos generalmente por un radical alkilo R el cual es hidrofóbico (miedo al agua) y un componente hidrofílico, que se encuentran saponificados y con el contacto con el agua se disocian, quedando con cargas negativas o positivas según el tipo de emulsificante como se muestra en la figura a continuación.

Tabla 5: Representación esquemática de una emulsión aniónica y de una catiónica



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte ISSN 0188-7141

EMULSIFICANTES ANIONICOS

Los emulsificantes aniónicos son sales sódicas o potásicas de ácidos orgánicos en su parte hidrofílica, con carga eléctrica negativa; éstos tienen como fórmula general: R-COONa.

Las moléculas de los jabones, al disolverse en el agua se ionizan dando como resultado:

R-COONa ---> R-COO- + Na+

De donde:

R-COO- = número de aniones.

COO- = es el grupo carboxilato, el cual se dirige a la parte hidrofílica.

R = es el radical alkilo, el cual se queda en la parte hidrofóbica.

Na+ = número de cationes.

EMULSIFICANTES CATIONICOS

Los emulsificantes catiónicos son productos de la reacción química entre ácidos inorgánicos fuertes, como el ácido clorhídrico, con aminas grasas, con carga eléctrica positiva; éstos tienen como fórmula general: R-NH3Cl.

Cuando este tipo de emulsificantes se disuelven en el agua, éstas se ionizan dando como resultado:

R-NH3Cl ---> R-NH3+ + Cl-

De donde:

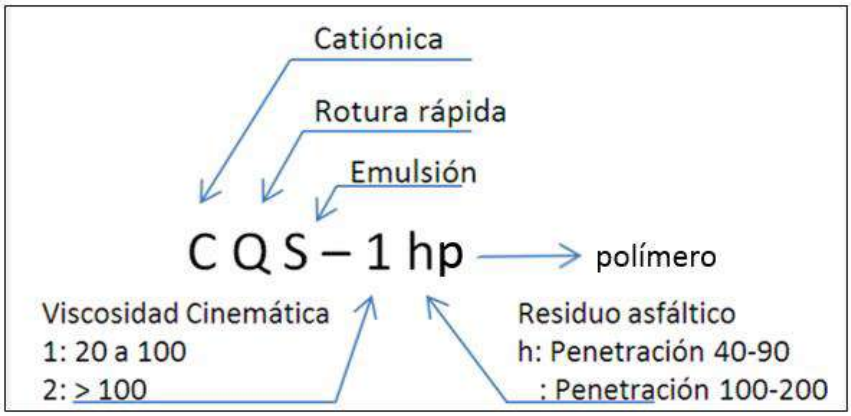
R-NH3+ = número de cationes.

NH3+ = es el grupo amino, el cual se dirige a la parte hidrofílica.

R = es el radical alkilo, el cual se queda en la parte hidrofóbica.

Cl- = número de aniones.

Figura 1: Nomenclatura de emulsiones asfálticas



Elaboración: El autor de la tesis

2.2.3.4. Ventajas ambientales de las emulsiones asfálticas.

(COYAGO VEGA, 2015), indica las siguientes ventajas:

- Una de las ventajas es el gran ahorro energético que se consigue evitando el uso de asfaltos diluidos (MC y RC); y eliminando los procesos de calentamiento de los áridos como en las tecnologías en caliente.
- Eliminación del humo debido al calentamiento de ligante y áridos mediante quemadores de fuel o petróleo (planta de asfalto en caliente).
- Disminución de gases de los cementos asfálticos emanados de los tanques de almacenamiento y calefacción, de las cisternas de transporte y los producidos durante la extensión y compactación de las mezclas (mezcla en caliente).

- Eliminación de polvo debido al manejo de áridos y, muy especialmente al funcionamiento de los secadores en las plantas asfálticas en caliente que no tengan dispositivos adecuados para evitar su lanzamiento a la atmósfera.
- Eliminación de la evaporación de solventes cuando se emplea mezclas en frío con asfaltos diluidos como el RC-250.

2.2.4. MICROPAVIMENTO

(Sánchez A., 2013) Es la aplicación superficial de mezclas fluidas en pequeños espesores (3 a 20 mm) compuestas de material pétreo seleccionado, emulsiones asfálticas de rompimiento controlado, polímeros y aditivos modificadores, mediante máquinas aplicadoras especialmente diseñadas para este trabajo. La gran flexibilidad de esta técnica permite una gama amplia de usos tales como el mantenimiento y conservación de las superficies de los pavimentos, además haciendo posible la corrección de texturas, pequeñas fisuraciones, ahuellamientos, etc.

2.2.3.1 Materiales

Los constituyentes del micropavimento asfáltico en frío son: agregado pétreo, material de relleno (filler), emulsión asfáltica modificada por polímeros, aditivos necesarios y agua.

- **Agregados:** Está constituido de polvo de piedra. Sus partículas individuales deben ser resistentes y presentar una moderada angulosidad, libre de terrones de arcilla y sustancias nocivas.
- **Filler Mineral:** Generalmente se utiliza cal o cemento portland hasta en un 2% sin descartarse el uso de otros productos (por ejemplo fibras).
- **Emulsión Asfáltica:** Siempre es más conveniente desarrollar una emulsión considerando el agregado a utilizar y las características de la obra (contenido de finos, clima, tráfico, tipo de mezclado, etc.). Las emulsiones generalmente son de rotura lenta pero también pueden ser de rotura controlada. Las emulsiones para micropavimento incluyen el polímero modificador del asfalto.
- **Aditivos:** Pueden ser empleados aditivos para acelerar o retardar la rotura de la emulsión en la ejecución del microrevestimiento asfáltico en frío, así como mejoradores de adherencia.
- **Agua:** El agua se agrega para darle a la mezcla la consistencia deseada generalmente un mínimo del 10% debiendo chequearse su compatibilidad con el resto de los componentes. Debe ser limpia, exenta de materia orgánica, aceites y otras sustancias,

perjudiciales a la rotura de la emulsión asfáltica. Será empleada en la cantidad necesaria para promover la consistencia adecuada.

2.2.3.2 Características sobresalientes.

- Altas prestaciones mecánicas (adherencia, durabilidad, flexibilidad, resistencia al desgaste, poder de sellado).
- Bajo costo.
- Gran velocidad de aplicación (hasta 25.000 m2 / jornada).
- Habilitación al tránsito en pocas horas.

2.2.3.3 Clasificaciones

De acuerdo a:

- Tipo de Polímero empleado en la emulsión.
- Granulometría de los áridos.

2.2.3.4 Aplicaciones frecuentes y especiales

Aplicaciones frecuentes:

- Conservación de carreteras.
- Obras nuevas.

Aplicaciones especiales:

- Micropavimento en Aeropuertos.
- Micropavimento sobre Puentes Metálicos.
- Micropavimento sobre Rutas sin Pavimentar.
- Colocación sobre Bases Estabilizadas.
- Micropavimento sobre Pavimento Flexible en Calles Urbanas.
- Micropavimento sobre Pavimento Rígido.
- Micropavimento sobre Pavimento en Pistas de Karting.
- Relleno de Huellas.

2.2.3.5 Diseño de la Mezcla

La determinación del valor óptimo de la emulsión para la preparación de la mezcla en el microaglomerado, es a través de un método puramente empírico, que consiste en

determinar el punto de encuentro de las curvas obtenidas de los ensayos de WTAT "Wet Track Abrasion Test" (pérdida por abrasión húmeda) y el LWT "Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion" (ensayo de la rueda cargada y adhesión de arena). El punto obtenido se caracteriza por no poseer problemas con desgaste ni con exudación.

2.2.3.6 Máquinas Aplicadoras

El Micropavimento es mezclado y extendido con un equipo autopropulsado, equipado con tolvas, tanques y elementos de medición de muy buena confiabilidad que aseguran la exactitud en la dosificación de la mezcla. La calibración del equipo es la parte más importante de la ejecución del trabajo, ya que a partir de ahí, los controles instantáneos del caudal de cada material interviniente asegurarán la calidad de la mezcla colocada en obra.

- **Equipos auxiliares.**
  Si la superficie a ser cubierta no está completamente limpia se deben usar compresores de aire, chorros de agua o barredoras para ponerla en condiciones. Se necesitan pala cargadora, depósitos para agua y emulsión, vehículo de apoyo (transporte de personal, señalización, etc.), un tractor con cisterna (o un camión cisterna pequeño) para el transporte de y compactador neumático. Durante la ejecución se utilizan herramientas manuales, tales como: palas, escobas, carretillas, azadas. Se debe disponer del equipo necesario para la correcta señalización en el momento de extendido y para proteger el área ejecutada durante el curado de la emulsión. Así mismo se debe tener todo el equipo necesario para la seguridad del personal.

- **Aplicación de la mezcla Climatología**.
  La temperatura y humedad ambiente y del pavimento juegan un papel muy importante en la rotura y curado de la lechada o mortero, ya que por un lado aceleran la cinética de la reacción y por otro aumentan la evaporación del agua. En tiempos calurosos la rotura y el curado se ven aceleradas ya que el agua se evapora rápidamente, en estos casos se deben tomar las decisiones necesarias para regular esa rotura y curado ya que de no ser así, por las altas temperaturas, en la rotura se puede crear una película de asfalto que impida el correcto curado de la mezcla. A bajas temperaturas ocurre lo contrario se retarda el tiempo de rotura y el de curado por esto hay que tener en cuenta esta situación. En general no se debe aplicar el mortero cuando la temperatura sea inferior a 10º C y esté descendiendo.

- **Juntas**.

  Durante la aplicación se producen juntas longitudinales y transversales. Las juntas transversales se producen entre el final de la extensión de una máquina y principio de la siguiente. Una junta transversal mal ejecutada, aunque constituya más un defecto estético que real, proporciona una pobre impresión acerca de la calidad del tratamiento. Las juntas longitudinales se deben minimizar reduciendo al mínimo la superposición entre aplicaciones en los diferentes carriles por la posible aparición de exudaciones. En general se oculta con la señalización horizontal.

- **Aplicaciones manuales**

  En algunas aplicaciones, especialmente en zonas urbanas, existen pequeñas áreas a las que no se puede acceder con la máquina y que será preciso rematar manualmente; la calidad del trabajo manual depende mucho de la habilidad del personal que lo ejecute.

- **Ajuste de la rastra:** La dotación dejada por una rastra es función de la regulación de la misma, la granulometría de los áridos, tipo de pavimento a tratar. La regulación definitiva se hará en función de los resultados de dotación obtenidos tras las primeras extensiones.

- **Apertura al tráfico:** La apertura al tráfico debe realizarse cuando se vea que la circulación no va a dañar el material extendido. Este momento deberá ser escogido por el responsable de la obra en función a las condiciones climatológicas y del tráfico.

- **Pérdidas de gravilla:** Tras la apertura al tráfico, éste ejerce un cierto efecto de compactación y "recolocación" de las gravillas que están en la superficie. Es normal que durante los primeros días de vida de un mortero haya un cierto desprendimiento de gravilla. (Sánchez A., 2013)

2.2.5. TRÁNSITO VEHICULAR

(MTC, 2003) El concepto suele utilizarse para nombrar al movimiento de los vehículos y las personas que pasan por una calle, una carretera u otro tipo de camino. Por ejemplo: *"El tránsito de esta ciudad es infernal"*, *"Discúlpeme, llegué tarde porque hay problemas de tránsito"*, *"Los automovilistas deben tener en cuenta que el tránsito circula con lentitud en las principales vías de acceso a la ciudad"*.

Los congestionamientos constituyen el problema de tránsito más visible. Esto ocurre cuando el tránsito no es fluido ya que la cantidad de vehículos es superior a la que puede

acoger una calle. Al producirse una congestión, los coches no puedan circular con normalidad y deben reducir su velocidad o incluso detener su marcha. La gestión y el control del tránsito es responsabilidad de las autoridades estatales. Esta es una tarea muy importante para un gobierno, ya que los accidentes de tránsito causan miles de muertes al año. El correcto funcionamiento de los semáforos, la señalización de calles, avenidas y carreteras, el cuidado del pavimento y las sanciones a quienes violan las leyes de tránsito permiten reducir las posibilidades de accidentes.

2.2.6. PATOLOGIAS EN CARRETERAS AFIRMADAS

Las fallas es las carreteras se presentan cuando éste pierde sus características de servicio para las que fue diseñado (Paterson, 1988).

2.2.5.1 Descripción del mecanismo de deterioro.

El mecanismo de deterioro de un camino sin pavimentar a diferencia de las carreteras pavimentadas consiste en un proceso progresivo más acelerado. Los finos al mezclarse con la humedad aglutinan a las fracciones más gruesas, y bajo la acción abrasiva de los neumáticos (acción del tráfico) llegan a pulverizarse en condiciones secas. Estos finos pulverizados aparecen como material particulado en suspensión (polvo) y por la constante pérdida de éstos es que los agregados gruesos están de manera suelta ante la acción del tráfico, y es así que la superficie de rodadura comienza a desgastarse de manera progresiva dando lugar a la formación de las depresiones, baches, y ondulaciones.

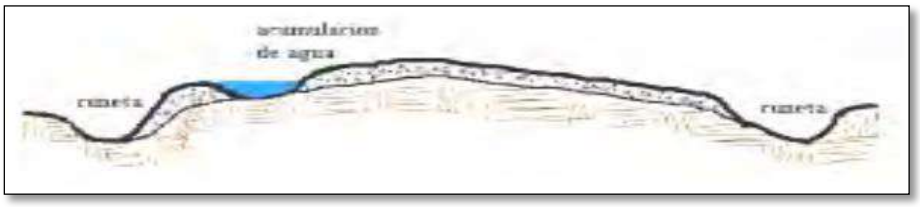
Estos problemas estructurales y superficiales se presentan debido a la acción del tráfico y a las condiciones climáticas (lluvias, presencia de hielo, efecto del deshielo). El deterioro ocurre en varias etapas, desde un deterioro lento que no se percibe hasta un deterioro crítico donde se evidencia en una descomposición total del camino que involucra una nueva conformación o rehabilitación de la vía.

2.2.5.2 Defectos comunes en vías sin pavimentar.

Los defectos más comunes en vías sin pavimentar fueron tratados a profundidad por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, quienes publicaron un estudio llamado “Unsurfaced Road Maintenance (Special Report 87-15)” en 1987, actualizado en el reporte del 92-96. Este estudio se basó en la evaluación de la magnitud y gravedad de los defectos donde se identificó siete situaciones o problemas tipificados de la siguiente forma:

- **Sección transversal impropia:** Al ocurrir esto la carretera estará propensa a sufrir deterioro por problemas de circulación y de drenaje, por lo que se debe presentar una pendiente transversal suficiente para que las aguas superficiales sean evacuadas de manera rápida fuera de la plataforma.

Figura 2: Sección transversal impropia.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000, Guatemala. Pág. 43.

Indicador de deterioro (Respecto al área total afectada, en tramos de 50 metros.)

- Ligero: < 10%
- Medio: 10 % < x < 50 %
- Fuerte: 50 % <

Unidad de medición

Se mide en metros cuadrados (m^2)

- **Drenaje inadecuado:** Se caracteriza por la acumulación de agua superficial en la plataforma, no necesariamente por el mal drenaje superficial o la inexistencia de elementos de drenaje profundo, sino por falta de mantenimiento en las obras de arte.

Figura 3: Drenaje Inadecuado.

Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000, Guatemala. Pág. 42.

- **Ondulaciones:** Se distinguen por las deformaciones que ocurren en la superficie de rodadura, en intervalos regulares y perpendiculares al tráfico. Su origen se debe a una serie de factores tales como: continuo tráfico de vehículos, pérdida de finos, deficiencias en la capacidad de soporte, pendiente inadecuada y capas granulares de mala calidad.

Figura 4: Ondulaciones.

Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000, Guatemala. Pág. 44.

Indicador de deterioro (Profundidad máxima medida a partir de una regla de 3 metros colocada longitudinalmente)

- Ligero: < 1 cm
- Medio: 1 cm < 2 cm
- Fuerte: 2 cm <

Unidad de medición

Se mide en metros cuadrados (m^2)

- **Presencia de polvo:** Se origina por la pérdida de la fracción fina de la base o de la capa granular de afirmado cuyo contenido en la mezcla es excesivo. Produce incomodidad dado que afectan: a la población, a la salud, a la operatividad de los vehículos y a los costos de mantenimiento al perder el equilibrio entre las mezclas de los agregados.

Figura 5: Presencia de polvo.

Fuente: Carretera Lucma – 09 de Octubre

Indicador de deterioro (Respecto al espesor de la capa de polvo acumulado al borde de la via)

- Ligero: < 2 cm
- Medio: 2 cm < 3 cm
- Fuerte: 3 cm <

Unidad de medición

Se mide en centimetros (cm)

- **Baches:** Se genera debido a los siguientes factores: Inexistencia de capas de revestimiento, deficiencias en la composición de la mezcla, ausencia de partículas aglutinantes en la composición de la carpeta de rodado, plataforma mal drenada y sin inclinación transversal.

Figura 6: Baches.

***Fuente**: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000, Guatemala. Pág. 47.*

Indicador de deterioro

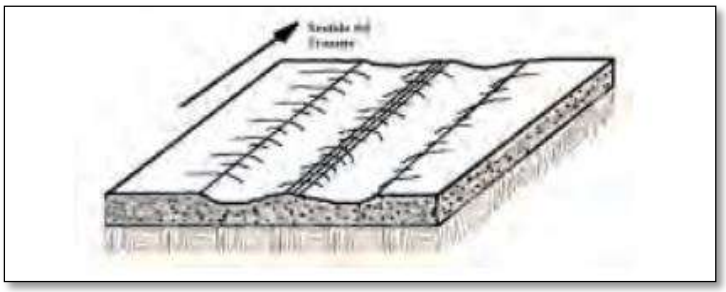
- Baja: Profundidad menor a 50 mm.
- Media: Profundidad entre 50 mm y 80 mm.
- Alta: Profundidad mayor a 80 mm.

Unidad de medición

Se mide en metros cuadrados (m^2)

- **Surcos de rueda o ahuellamientos:** Son depresiones que ocurren longitudinalmente al eje del camino. Se originan por la deformación permanente de la base o revestimiento y/o cuando tienen baja capacidad de soporte.

Figura 7: Ahuellamientos.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000, Guatemala. Pág. 45

Indicador de deterioro (Respecto al área total afectada, en tramos de 100 metros.)

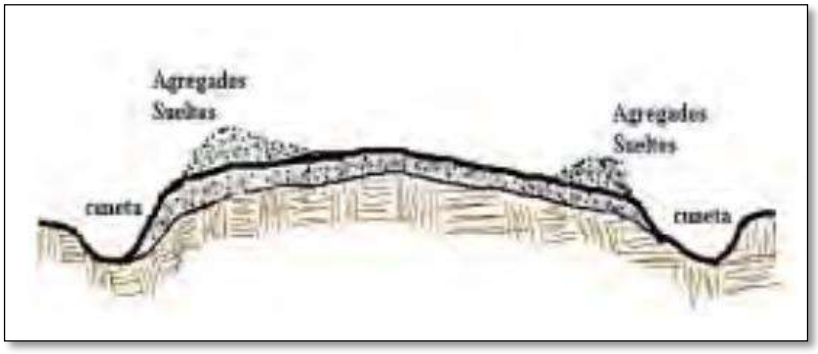
- Ligero: < 10%
- Medio: 10 % < x < 30 %
- Fuerte: 30 % <

Unidad de medición

Se mide en metros cuadrados (m^2)

- **Segregación de agregados:** Se genera por el constante paso de vehículos sobre la superficie de circulación. Como resultado los agregados gruesos se depositan junto a los surcos de las ruedas y en su mayoría en los bordes de la plataforma. La causa principal es la falta de aglutinantes en la composición de las mezclas en los materiales

Figura 8: Pérdida de agregados.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000, Guatemala. Pág. 45

2.3. DEFINICION DE VARIABLES

Variable independiente: utilización de emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera.

Variable dependiente: La transitabilidad de la carretera Lucma - 9 de octubre, del Distrito de Lucma, Provincia de Gran Chimú- Departamento La Libertad.

CAPITULO 3. HIPÓTESIS

El uso de la Emulsión Asfáltica Modificada en el pavimento, mejorara la transitabilidad vehicular en la carretera: Lucma - 09 de Octubre, en el distrito de Lucma, provincia de Gran Chimú, Departamento La Libertad, mejorara la transitabilidad vehicular.

3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

3.1.1. Hipótesis General

La aplicación de CQS-1HP mediante micropavimento en un espesor de 10 mm., en el mantenimiento de carretera Lucma - 09 de Octubre, en el distrito de Lucma, provincia de Gran Chimú, Departamento La Libertad, mejorará la transitabilidad vehicular.

Tabla 6: Hipótesis.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	**Unidad de análisis**	**Conectores lógicos**	**El espacio**	**El tiempo**
La aplicación de Emulsión Asfáltica Modificada en el mantenimiento de carretera Lucma - 09 de Octubre, en el distrito de Lucma, provincia de Gran Chimú, Departamento La Libertad, mediante el uso de la emulsión (CQS-1HP) y aplicado mediante micropavimento en un espesor de 10 mm., mejorara la transitabilidad vehicular.	1. Emulsión asfáltica. 2. Transitabilidad vehicular.	Carretera Lucma – 09 de Octubre	Mejorará	Distrito de Lucma	2016

Elaboración: El autor de la tesis.

3.1.2. Hipótesis Específicos

1. La utilización de Emulsión Asfáltica Modificada en el mantenimiento de carretera Lucma - 09 de Octubre, mejorara notablemente sus propiedades físicas y mecánicas.

2. La utilización de Emulsión Asfáltica Modificada en el mantenimiento de carretera Lucma - 09 de Octubre, disminuirá los costos durante el proceso constructivo y post constructivo.
3. La utilización de Emulsión Asfáltica Modificada en el mantenimiento de carretera Lucma - 09 de Octubre, incrementará la vida útil.

3.2. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

Tabla 7: Operacionalización de Variables

Variables (s)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores / Items
Emulsión asfáltica	Es un producto obtenido por la dispersión de una fase asfáltica en una base acuosa, estabilizada en forma de pequeños glóbulos obtenido mediante la fuerza mecánica proporcionada por un molino coloidal y suspendido con ayuda de un emulsificante.	Se va utilizar la emulsión asfáltica CQS-1HP designado por el investigador.	Ventajas	• Tiempo de ejecución. • Apertura del tráfico. • Método de aplicación.
Transitabilidad vehicular	La Fluidez con la que circulan los vehículos en las carreteras, para ir de un lugar a otro.	Utilización de emulsión asfáltica para mejorar la calidad de las pistas, par a llegar más rápido de un lugar a otro sin sufrir ninguna dificultad.	Tráfico vehicular	• Tiempo. • Accidentes.
			Patología.	• Desintegración. • Baches. • Erosión. • Ahuellamientos. • Desgaste. • Polvo.

Elaboración: El autor de la tesis.

CAPITULO 4. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL

4.1. DATOS GENERALES DE LA ZONA.

Para la presente investigación, el tramo en estudio comprende entre Lucma y 09 de Octubre (km. 00+000 – km. 27+354), el mismo que pertenece a la Ruta Departamental LI-111, provincia de Gran Chimú; departamento de La Libertad.

El departamento de La Libertad se encuentra en la parte norte de la costa del Perú y su territorio comprende el Mar Territorial y zonas andinas que llegan al profundo valle del río Marañón hasta la divisoria con el departamento de San Martín. Está delimitado por el Océano Pacífico, límite de las 200 millas del Mar de Grau, por el oeste y por los departamentos de Lambayeque, Cajamarca y Amazonas por el norte; San Martín por el este; Huánuco y Ancash por el sur.

4.1.1. Población.

El distrito de Gran Chimú según datos estadísticos del INEI, cuenta con una población de 31,109 hab.

4.1.2. Clima.

El tramo en estudio posee una altitud; hasta 2,500 m.s.n.m., donde la temperatura media anual es de 14º C, con lluvias entre 200 y 350 mm/año, la vegetación es pobre debido a la escasez de agua

4.1.3. Ubicación Geográfica.

La ubicación geográfica del tramo de la carretera donde se desarrollara dicho estudio, mediante las coordenadas UTM son las siguientes:

Tabla 8: Coordenadas geográficas de la carretera Lucma – 09 de Octubre.

LUCMA	09 DE OCTUBRE
07º 3’ 26” de latitud sur	07º 3’ 06” de latitud sur
78º 33’ 06” de longitud oeste	78º 39´ 56” de longitud oeste

Elaboración: El autor de la tesis

4.1.4. Vías de Importancia Local.

Los principales centros poblados que se encuentran a lo largo de la vía son:

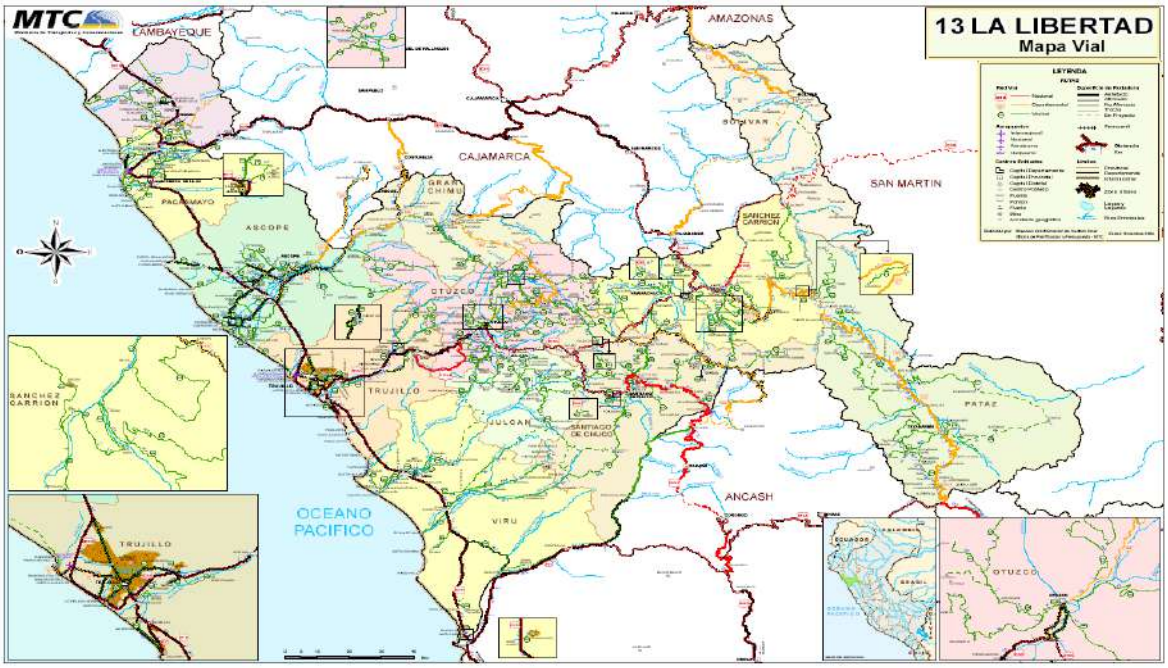
Tabla 9: Centros poblados cerca al tramo en estudio

Nº	Centro Poblado	KM
1	DISTRITO DE LUCMA	0+000
2	DESVÍO CASERÍO AGUA AGRIA	8+700
3	CASERÍO CHASCÓN	8+900
4	DESVÍO MINA CASCAMINA	10+440
5	DESVÍO MINA CASCAMINA	11+090
6	CASERÍO CHUQUILLANQUI	26+400
7	CASERÍO 9 DE OCTUBRE	27+354

Fuente: Provías descentralizado

4.2. Ubicación del tramo en estudio.

Figura 9: Ubicación del tramo en estudio.



Fuente: Provías descentralizado

4.3. DATOS DE LA VÍA:

4.3.1. Ancho de carril

El ancho del carril del tramo Lucma – 09 de Octubre es de 4.0 a 4.5 m, variando a lo largo de la vía.

4.3.2. Longitud de la vía en estudio

La longitud que se ha tomado en cuenta para este proyecto es de 27.354 Km lineal de pavimento afirmado.

4.3.3. Índice Medio Diario Anual

Para el tramo en estudio su IMDa se detalla en el siguiente cuadro

Tabla 10: Índice Medio Diario Anual

Tipo de vehículo	Índice Medio Diario Anual	
	Tramo: Lucma - 09 de Octubre	
	N° de vehículos	%
Auto	0	0.0%
Camioneta Pick Up	6	46.2%
Camioneta rural	1	8%
Micro	0	0.0%
Ómnibus (bus 2 Ejes)	3	23.1%
Camión 2 Ejes Ligero	0	0.0%
Camión 2 Ejes Pesado	3	23.1%
Camión 3 Ejes	0	0.0%
IMDa	**13**	100.0%

Fuente: Provías descentralizado

4.4. Aplicación de Mortero Asfáltico mediante Micropavimento.

Ante las consecuencias ya mencionadas que viene perjudicando a la carretera Lucma - 09 de Octubre, se plantea como alternativa de solución la colocación de Emulsión Asfáltica en superficie de base a través de Micropavimento, para el cual el proceso constructivo seguirá la secuencia siguiente una vez concluida la colocación del afirmado en toda la vía:

- **IMPRIMACION:**
  Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico o de impermeabilizar y evitar la disgregación de la base construida, de acuerdo con estas

especificaciones y de conformidad con el Proyecto. Incluye la aplicación de arena cuando sea requerido.

Materiales

El material bituminoso a aplicar en este trabajo será el siguiente:

Emulsiones Asfálticas, de curado lento (CSS-1, CSS-1h), mezclado para la imprimación, de acuerdo a la textura de la Base y que cumpla con los requisitos de la **Tabla 416-01** del Manual de Carreteras-MTC.

Podría ser admitido el uso de Asfalto líquido, de grados MC-30, MC-70 ó MC-250 que cumpla con los requisitos de la **Tabla 416-02** del Manual de Carreteras-MTC.

El tipo de material a utilizar deberá ser establecido en el Proyecto. El material debe ser aplicado tal como sale de planta, sin agregar ningún solvente o material que altere sus características.

La cantidad por m2 de material bituminoso, debe estar comprendida entre 0,7-1,5 l/m2 para una penetración dentro de la capa granular de apoyo de 5 mm a 7 mm por lo menos, para el caso de asfaltos diluidos, y de 5.0 a 7.5 mm para el caso de las emulsiones, verificándose esto cada 25 m.

Equipo

Se aplica lo especificado en la Subsección 415.03 del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción vigente.

Adicionalmente se deberá cumplir lo siguiente:

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza y camión imprimador y cisterna de agua.

El equipo para limpieza estará constituido por una barredora mecánica y/o una sopladora mecánica. La primera será del tipo rotatorio y ambas serán operadas mediante empuje o arrastre con tractor. Como equipo adicional podrán utilizarse compresores, escobas, y demás implementos.

El camión cisterna imprimador de materiales bituminosos deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El camión cisterna deberá aplicar el producto asfáltico a presión y en forma uniforme, para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de un elemento calentador.

Requerimientos de Construcción

Clima

La capa de imprimación debe ser aplicada cuando la superficie se encuentre seca, que la temperatura ambiental sea mayor a 6°C, que las condiciones climáticas sean las apropiadas y sin presencia de lluvia.

Preparación de la superficie

La superficie de la base a ser imprimada (impermeabilizada) debe estar en conformidad con los alineamientos, gradientes y secciones típicas mostradas en los planos del Proyecto y con los requisitos de las Especificaciones relativas a la Base Granular.

Antes de la aplicación de la capa de imprimación, todo material suelto o extraño debe ser removido y eliminado por medio de una barredora mecánica y/o un soplador mecánico, según sea necesario.

Aplicación de la capa de imprimación

Durante la ejecución del trabajo, se deberá tomar las precauciones necesarias para evitar accidentes con la utilización de los materiales, equipo y personal.

El material bituminoso de imprimación debe ser aplicado sobre la base completamente limpia, por un distribuidor a presión que cumpla con los requisitos indicados anteriormente. Se dispondrá de material aislante, para evitar la superposición de riegos, sobre un área ya imprimada. El material debe ser aplicado uniformemente a la temperatura y a la velocidad de régimen especificado. En general, el régimen debe estar entre 0,7 a 1,5 l/m2, dependiendo de cómo se halle la textura superficial de la base.

La temperatura del material bituminoso en el momento de aplicación, debe estar comprendida dentro de los límites indicados en la Tabla **415-07**, ó la establecida de la carta viscosidad-temperatura.

Al aplicar la capa de imprimación, el distribuidor debe ser conducido a lo largo de un filo marcado para mantener una línea recta de aplicación. Se debe determinar la tasa de aplicación del ligante y hacer los ajustes necesarios.

Si las condiciones de tráfico lo permiten, la aplicación debe ser hecha sólo en la mitad del ancho de la superficie a imprimar. Debe tenerse cuidado de colocar la cantidad

correcta de material bituminoso a lo largo de la junta longitudinal resultante. Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, ésta debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante el período de curado que establezca el Proyecto.

Protección de las estructuras adyacentes

La superficie de todas las estructuras y árboles adyacentes al área sujeta a tratamiento, deben ser protegidas de manera tal, que se eviten salpicaduras o manchas. En caso de que estas ocurran; retirará el material y reparará todo daño ocasionado.

Apertura al tráfico y mantenimiento

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas, a menos que sea ordenado de otra manera. Si el clima es frío o si el material de imprimación no ha penetrado completamente en la superficie de la base, un período más largo de tiempo podrá ser necesario. Cualquier exceso de material bituminoso que quede en la superficie después de tal lapso debe ser retirado usando arena, u otro material aprobado que lo absorba, antes de que se reanude el tráfico.

La aplicación del riego de imprimación, deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa asfáltica, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión.

Se deberá conservar satisfactoriamente la superficie imprimada hasta que la capa de superficie sea colocada. La labor de conservación debe incluir, el extender cualquier cantidad adicional de arena u otro material aprobado necesario para evitar la adherencia de la capa de imprimación a las llantas de los vehículos y parchar las roturas de la superficie imprimada con mezcla bituminosa. En otras palabras, cualquier área de superficie imprimada que haya perdido su efectividad adherente, resulte dañada por el tráfico de vehículos o por otra causa, deberá ser reparada antes de que la capa superficial sea colocada.

Todo los detalles para la Imprimación se puede apreciar en la sección 416 del Manual de Carreteras - MTC

- **COLOCACION DE MORTERO ASFALTICO**

Este trabajo consiste en colocar una capa de mortero asfáltico, en espesores que varían de 3 a 10 mm. La colocación de mortero debe realizarse mediante equipo para la distribución del mortero asfáltico o similar, cumpliendo con los requisitos de material pétreo, material asfáltico estipulados en la Sección 420 del Manual de Carreteras:

Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, observando la granulometría de cada tipo de mortero. La superficie terminada deberá estar limpia, presentar uniformidad y ajustarse a la rasante y pendientes establecidas.

Materiales

Los materiales a usar para la ejecución de este trabajo será: agregados pétreos y polvo mineral, material bituminoso, agua, aditivos para control de rotura y otros.

1. **Agregados pétreos**

   Con respecto a este material, se les realizarán los siguientes ensayos que cumplan con los requerimientos para los agregados indicados en la Tabla 420-01, según el Manual de Carretera - EG 2013

Tabla 11: Requerimientos para los agregados pétreos.

Ensayos	Norma	Requerimiento
Pérdida en Sulfato de Mg	MTC E 209	18% máx.
Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP
Equivalente de Arena	MTC E 114	40% mín.
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.
Adherencia	MTC E 220	4 mín.

Fuente: Manual de carreteras, EG 2013.

Elaboración: El Autor de la tesis

a) **Pérdida en Sulfato de Mg:** Para la determinación del ensayo para el agregado pétreo, se seguirá el procedimiento indicado en la norma MTC E 209 – 2000 del Manual de ensayos de carreteras.

❖ *Herramientas.*

- Juego de tamices: 3/8’’, 1/2’’, 3/4’’, 1’’, 1 ½’’, 2’’ y 2 ½’’
- Recipientes, para la inmersión de las muestras de los agregados en la solución
- Regulador de la temperatura, medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el periodo de inmersión.
- Balanzas, con capacidad de 5 kg y sensibilidad mínima de 1 g.
- Estufa, capaz de mantener la temperatura a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Solución de sulfato de magnesio.

❖ *Procedimiento.*

- Se prepararon las muestras para el agregado grueso, la cuales deben ser un material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores al tamiz de 4.75 mm (No. 4).

  La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener de ella, las cantidades de, las fracciones indicadas en la Tabla N°3, que estén presentes en cantidad de 5% como mínimo.

Tabla 12: Peso necesario del agregado grueso para Ensayo de Durabilidad (Al Sulfato de Magnesio)

Tamices mm (pulgadas)			**Peso g**
Compuesto de material:			
de 4.75 mm a 9.5 mm	Nº 4 a 3/8”		300 ± 5
de 9.5 mm a 19.0 mm	(3/8” a 3/4")		1000 ± 10
Compuesto de material:			
de 9.5 mm a 12.5 mm	(3/8” a 3/4")	33%	330 ± 5
de 12.5 mm a 19.0 mm	(1/2” a 3/4")	67%	670 ± 10
de 19.0 mm a 37.5 mm	(3/4” a 1 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 19.0 mm a 25.0 mm	(3/4” a 1")	33%	500 ± 30
de 25.0 mm a 37.5 mm	(1” a 1/2")	67%	1000 ± 50
de 37.5 mm a 63 mm	(1 1/2” a 2 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 37.5 mm a 50 mm	(1 1/2" a 2”)	40%	2000 ± 200
de 50 mm a 63 mm	(3/8” a 3/4")	40%	3000 ± 300
Tamices mayores obtenidos en Incrementos de 25 mm (1”)			7000 ± 1000

Fuente: Manual de ensayos de carreteras-MTC (EM-2000)

- El agregado grueso se lavó y secó hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se separó en las diferentes fracciones, por tamizado. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesó y se colocó, por separado, en los recipientes para ensayo.

- Las muestras se sumergieron en la solución de sulfato de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubrió para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución, se mantuvieron a una temperatura de 21 ± 1°C (70 ± 2 °F), durante todo el tiempo de inmersión.
- Posterior a la inmersión, la muestra se sacó de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introdujo en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Se secaron las muestras hasta obtener un peso constante a la temperatura indicada. Durante el periodo de secado se sacaron las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 1.0 g. Una vez alcanzado el peso constante, se sumergieron de nuevo las muestras en la solución, El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosiguió, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.
- Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lavó hasta que quede exenta de sulfato de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con Cloruro Bárico (BaCl2).
- Luego de eliminar todo el sulfato de magnesio, cada fracción de la muestra se secó hasta obtener un peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), y se pesó. Se tamizó el agregado grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.
- Se obtiene el peso de cada fracción de la muestra antes del ensayo y del material de cada fracción, más fino que el tamiz, en el cual quedó retenido el material después del ensayo, expresado como tanto por ciento con respecto al peso total de la fracción original.

❖ *Expresión de resultados*: se calcula la pérdida media, calculada por medio del tanto por ciento de pérdida de cada fracción, teniendo en cuenta la granulometría media del material del cual se obtuvo la muestra enviada al laboratorio.

b) **Desgaste Los Ángeles:** Para la determinación del ensayo para el agregado pétreo, se seguirá el procedimiento indicado en la norma MTC E 207 – 2000 del Manual de ensayos de carreteras.

❖ *Herramientas.*

- Balanza, con aproximación de 1 g.
- Estufa, que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ±5 °C (230 ±9 °F).
- Tamices.
- Máquina de Los Ángeles.
- Carga abrasiva, consistirá en esferas de acero o de fundición, de diámetro entre 46.38 mm (1 13/16") y 47.63 mm (1 7/8") y un peso comprendido entre 390 g y 445 g.

❖ *Procedimiento.*

- Se pesaron aproximadamente 10000 g de muestra seca, con una precisión de 5 g y se colocaron junto con la carga abrasiva dentro del cilindro, haciéndolo girar con una velocidad entre 30 y 33 rpm (188 y 208 rad/min), hasta completar 1000 vueltas. La velocidad angular debe ser constante.
- Se descargó el material de la máquina y se hizo una separación preliminar de la muestra sobre un tamiz más grueso que el de 1.7 mm (N° 12). El material más grueso se lava y se seca a temperatura de 105 a 110 °C (221 a 230 °F) hasta peso constante, con aproximación a 5 g.
- Se hizo la diferencia entre el peso inicial de la muestra seca y el peso del material seco retenido en el tamiz de 1.70 mm (N° 12), expresada como porcentaje del peso inicial, obteniendo el desgaste de la muestra.
- El coeficiente de variación de dos ensayos bien ejecutados sobre el mismo agregado grueso, no deberán diferir, el uno del otro en más del 5.7% de su promedio.

❖ *Expresión de resultados:* recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles, calcúlese tal valor así.

$$\% \text{ Desgaste} = 100\,(P1 - P2) / P1$$

P1 = Peso muestra seca antes del ensayo.

P2 = Peso muestra seca después del ensayo

c) **Índice de Plasticidad:** Para la determinación del índice de plasticidad para el agregado, se seguirá el procedimiento indicado en la norma MTC E 111 – 2000 del Manual de ensayos de carreteras.

❖ *Herramientas y materiales.*

- Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" – 4”) de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 ½”) de diámetro.
- Balanza, con aproximación a 0.01 g.
- Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Tamiz, de 426 µm (N° 40).
- Agua destilada.
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

❖ *Procedimiento.*

- Se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos).
- La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla
- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

- Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en los pasos anteriores y calcular el promedio de dos contenidos de humedad.

❖ *Expresión de resultados:* el Índice de plasticidad del agregado fino se expresará en porcentaje calculado de la siguiente manera.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Dónde:

L.L. = Límite Líquido.

L.P. = Límite Plástico.

L.L. y L.P., son números enteros.

NOTA:

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

d) Equivalente de Arena: Para la determinación del Equivalente de Arena para el agregado, se seguirá el procedimiento indicado en la norma MTC E 114 – 2000 del Manual de ensayos de carreteras.

❖ *Herramientas.*

- Cilindro graduado de plástico, con diámetro interior de 31,75 ± 0.381 mm y altura de 431,8 mm (17") aproximadamente. La base del cilindro debe ser de plástico transparente de 101,6 x 101,6 x 12.7 mm (4" x 4" x 1/2").
- Tapón macizo de caucho o goma, que ajuste el cilindro.
- Tubo irrigador, de acero inoxidable, de cobre o de bronce (1/4 de diámetro exterior y 0,89 mm (0,035") de espesor, con longitud de 508 mm (20")), con uno de sus extremos cerrado formando una arista. Las caras laterales del extremo cerrado tienen dos orificios de 1 mm de diámetro.
- Tubo flexible (de plástico o caucho) de 4,7 mm (3/16") de diámetro y de 1,20 m de largo, aproximadamente, con una pinza que permita cortar el paso del líquido a través del mismo.
- Dos botellas de 3,785 l (1 galón) de capacidad.

- Dispositivo para tomar lecturas. Un conjunto formado por un disco de asentamiento, una barra metálica y una sobrecarga cilíndrica. Este dispositivo está destinado a la toma de lecturas del nivel de arena.
- Recipiente metálico, de diámetro 57 mm (2 1/4") aproximadamente, con una capacidad de 85 ± 5 ml.
- Embudo, de boca ancha, de 100 mm (4") de diámetro.
- Reloj o cronómetro, para lecturas de minutos y segundos.
- Un agitador, que puede ser: mecánico o de operación manual.

❖ *Procedimiento.*

- Obténganse al menos 1,500 g de material que pase el tamiz de 4,76 mm (No. 4).
- Viértase solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro de plástico graduado, hasta una altura de 101,6 ± 2,54 mm (4 ± 0,1").
- Con ayuda del embudo, viértase la muestra de ensayo en el cilindro graduado. Golpéese varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire. Déjese en reposo durante 10 ± 1 minuto.
- Al finalizar los 10 minutos (Periodo de humedecimiento), tápese el cilindro con un tapón y suéltese el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo a la vez.
- Después de soltar el material del fondo, agítese el cilindro con cualquiera de ambos agitadores.
- Introducimos tubo irrigador al fondo de la muestra y ascendemos poco a poco. (permite el ascenso del material fino atrapado).
- Dejar reposar durante 20 minutos, léase y anótese el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa. Este valor se denomina "lectura de arcilla”
- Después de tomar la lectura de arcilla, introdúzcase dentro del cilindro el conjunto del disco, la varilla y el sobrepeso, y baje suavemente el conjunto hasta que llegue sobre la arena.
- Cuando el conjunto toque la arena, léase y anótese la altura, la cual se denominará "lectura de arena". (Si la lectura se hace con él disco indicador, la "lectura de arena" se obtendrá restando 254 mm (10") del nivel indicado).

- *Expresión de resultados:* el Equivalente de Arena se expresará en porcentaje (%), calculado de la siguiente manera.

$$\text{Equivalente de Arena (EA)} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura dearcilla}} \text{x } 100$$

e) Azul de Metileno: Para la determinación del ensayo, se seguirá el procedimiento indicado en la norma AASHTO TP 57.

- *Herramientas y materiales.*
  - Bureta, de color ámbar de por lo menos 50 ml de capacidad con graduaciones de 0.1 ml.
  - Agitador magnético, con varilla revolvedora.
  - Balanza de 200g de capacidad y 0.001g de sensibilidad.
  - Varilla de vidrio, aproximadamente 250 mm (10”) de largo y 8 mm (0.3”) de diámetro.
  - Cronómetro.
  - Platón y tamiz de 75 µm (No 200).
  - Matraz volumétrico, con capacidad de 1000 ml.
  - Papel filtro.
  - Tres vasos de precipitado de 500 ml.
  - Azul de Metileno.
  - Agua destilada.
  - Horno – Capaz de mantener la temperatura de 110± 5ºC (60-77ºF).

- *Procedimiento.*
  - Colocar 10.0 g (± 0.05g) de material pasante del tamiz 75 µm (No 200), en un vaso volumétrico de 500 ml.
  - Adicionar 30 ml de agua destilada y batir con el agitador hasta tener una lechada.
  - Agregar con la bureta a la lechada de suelo 0.5 ml de solución de Azul de Metileno y agitar durante un minuto.
  - Sacar con la varilla agitadora de vidrio una gota de lechada y dejarla caer sobre el papel filtro.

- Se observa la gota en el papel filtro. Si no se ha formado alrededor de la gota un anillo o aureola azul, se continúa el ensayo adicionando a la lechada de suelo incrementos de 0.5 ml de solución de Azul de Metileno, agitando durante un minuto para cada incremento y realizando de nuevo la prueba en el papel filtro hasta que se observe el aro azul alrededor de la gota.
- Después de alcanzar este punto se continúa agitando durante 5 minutos y se repite la prueba en el papel filtro, como método de confirmación. Si se continúa presentando el aro azul se da por terminada el ensayo y se procede a realizar el cálculo de Valor de Azul. Si, por el contrario, desaparece el aro, se debe continuar con el procedimiento.

❖ *Expresión de resultados:* el Azul de Metileno del agregado fino se expresará en mg de azul por gramo de material seco pasa el tamiz de 75 µm (No 200), calculado de la siguiente manera.

$$Va = \frac{C \times W}{W}$$

Dónde:

- VA = valor de Azul de Metileno en mg de azul por gramo de material seco pasa el tamiz de 75 µm (No 200).
- C = concentración de la solución de Azul de Metileno, en mg de azul por ml de solución.
- V = ml de solución de Azul de Metileno requerida en el procedimiento.
- W = gramos de material seco utilizado en la prueba.

f) Adherencia: Para la determinación del ensayo, se seguirá el procedimiento indicado en la MTC E 220 – 2000 del Manual de ensayos de carreteras.

❖ *Herramientas y materiales.*

- Tamices Nº 30 y Nº 70.
- Balanza de 500g de capacidad y 0.01g de sensibilidad.
- Estufa. Adecuada para alcanzar y mantener la temperatura de 145 ± 5ºC.
- Tubos de ensayo

- Material auxiliar y general de laboratorio: Cuarteador de agregado fino, cazos de porcelana, gradilla para los tubos de ensayo, vasos de cristal de unos 50 cm3 de capacidad, pinzas, varillas de cristal, etc.
- Disoluciones de carbonato sódico, de concentraciones molares crecientes, M/256 a M/1.

❖ *Procedimiento.*

- Las cantidades de carbonato sódico se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13: Soluciones de Ensayo de Adherencia

Molaridad	**G de Na_2 CO_3 / 1 disolución**
M/256	0.414
M/128	0.828
M/64	1.656
M/32	3.312
M/16	6.625
M/8	13.25
M/4	26.5
M/2	53.0
M/1	106.0

Fuente: Manual de carreteras, EG 2013.
Elaboración: El Autor de la tesis

- Se tamizan los 200 g del agregado fino, obtenidos anteriormente mediante cuarteo, por los tamices N° 30 y N° 70, desechando el material pasante la malla Nº 70 y el retenido en la malla Nº 30.
- La fracción de material así obtenido se lava sobre el tamiz Nº 70, con agua para eliminar totalmente el polvo que pueda estar adherido a las partículas del agregado. Una vez lavada la muestra para ensayo, se seca ésta en la estufa a temperaturas de 145 ± 5º C durante 1 hora aproximadamente.
- El ligante bituminoso que se empleará en el ensayo será una emulsión bituminosa, la mezcla agregado – ligante se efectúa mezclando 71 volúmenes del agregado seco con 95 volúmenes de emulsión al 50%, a una mezcla de temperatura ambiente.
- Se agitarán los materiales con una varilla de vidrio hasta conseguir una masa y envuelta homogéneas. Una vez preparada la muestra se deja enfriar a temperatura ambiente.

- Cada una de las porciones de la mezcla se introducirán en cada uno de los tubos de ensayo. Estos tubos de ensayo se enumeran del 0 al 10.
- A continuación, en el tubo de ensayo marcado con el número 0 se vierten, sobre los 0,5 g de mezcla, 6 cm3 de agua destilada y se marca en el tubo el nivel que alcanza la superficie libre del agua en aquél. Se sujeta el tubo de ensayo con la pinza de madera y se calienta cuidadosamente, sobre la llama de un mechero de gas, hasta ebullición suave del agua, ebullición que se mantiene durante 1 minuto aproximadamente.
- Terminado el periodo de ebullición se restablecerá el volumen de líquido perdido por evaporación, añadiendo la cantidad de agua destilada bastante para que ésta alcance en el tubo de ensayo el nivel anterior, marcado previamente. Una vez realizado el ajuste del volumen, se agitará el tubo de ensayo con su contenido, vigorosamente, durante diez (10) segundos.
- En seguida, se procede a la observación visual del aspecto que ofrece la mezcla agregado – ligante dentro del tubo de ensayo, juzgándolo con los siguientes criterios:
  - El desplazamiento entre el ligante y el agregado se considera total cuando prácticamente todas las partículas del agregado aparecen limpias; en esta situación las partículas están sueltas y si se hace rodar entre los dedos del tubo de ensayo, deslizan libre e individualmente por la superficie interior del mismo.
  - El desplazamiento entre el ligante y el agregado se considera parcial cuando en las partículas del agregado aparecen zonas limpias, aunque se mantiene una cierta cohesión entre ellas; en este caso las partículas del agregado, todavía parcialmente envueltas por el ligante, permanecen aglomeradas en el fondo del tubo de ensayo.
- Si realizada la primera prueba, se observa que la adhesividad de la mezcla ligante-agregado es buena, es decir, que no hay desplazamiento del ligante por el agua destilada, se vuelve a repetir todo el proceso referido en los apartados anteriores, utilizando, ahora, el tubo de ensayo marcado con el número 1, añadiéndole 6 cm de la solución de carbonato sódico de concentración M/256. Se repiten las acciones especificadas en los apartados anteriores y finalmente, se comprueba si se ha producido o no desplazamiento total.
- Si el desplazamiento es sólo parcial se volverá a repetir todo el proceso, tal como se ha referido en los apartados precedentes, pero utilizando ahora el tubo

de ensayo marcado con el número 2. Se prosigue de esta forma, utilizando, sucesivamente, las soluciones de carbonato sódico de concentración creciente, M/128, M/64, M/32..., y los tubos de ensayo marcados con los números 2, 3, 4..., que se les hace corresponder recíprocamente, hasta que se consiga alcanzar el desplazamiento total del ligante.

- *Expresión de resultados:* el Índice de Adhesividad correspondiente a la disolución de concentración menor de las utilizadas que haya producido el desplazamiento total del ligante que recubre la superficie de las partículas del agregado.

  La siguiente tabla relaciona las disoluciones de carbonato sódico de concentración molar creciente con los números asignados a cada una, y que determinarán, en cada caso, el mencionado índice de adhesividad.

Tabla 14: Índice de adhesividad.

Solución de Ensayo	**Índice de adhesividad Riedel – Weber**
Desplazamiento total con: Agua destilada	0
Carbonato sódico.	
M/256	1
M/128	2
M/64	3
M/32	4
M/16	5
M/8	6
M/4	7
M/2	8
M/1	9
Si no hay desplazamiento total con la solución M/1	10

Fuente: Manual de ensayos de carreteras-MTC (EM-2000)
Elaboración: El autor de la tesis.

2. Agua

Con respecto al agua que se usará para la mezcla asfáltica, ésta deberá cumplir ciertos requisitos estipulados por el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), el mismo que indica que este material deberá estar limpio y libre de álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH,

medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como SO_4 y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, ***se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.***

3. Material bituminoso

La emulsión asfáltica a emplear será de grado CQS-1hp, de rápida rotura, que cumplirá con los requisitos indicados en la Tabla 415-04 del Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG – 2013), que se presenta a continuación.

Tabla 15: Especificaciones para emulsiones asfálticas.

Tipo	**Rotura Rápida**	
Grado	**CQS-1H**	
	min	**max**
Prueba sobre emulsiones Viscosidad Saybolt Furol a 25°C Estabilidad de Almacenamiento, 24h, %	20	100 1
Carga de partícula	Positivo	
Prueba de tamiz %	-	0.10
Pruebas sobre el Residuo de destilación: Penetración, 25°C , 100g, 5s Ductilidad, 5°C, 5 cm/min, cm Solubilidad en Tricloretileo, %	40 10 97.5	90

Fuente: Manual de ensayos de carreteras-MTC (EM-2000)
Elaboración: El autor de la tesis.

a) Viscosidad Saybolt Furol: Para la determinación del ensayo, se seguirá el procedimiento indicado en el ASTM D-244.

❖ *Herramientas y materiales.*

- Vaso de precipitado.
- Tamiz N° 20.
- Matraz aforado.
- Termómetro.
- Cronometro.

- *Procedimiento.*
  - La muestra debe homogeneizarse en un recipiente para posteriormente colocar 100ml en un vaso de precipitado (evitar la formación de burbujas).
  - Sumergir el vaso en el baño de agua durante 30 minutos a una temperatura de 25°C.
  - Mezclar la muestra con el termómetro, a razón de 60 revoluciones por minuto aproximadamente.
  - Vaciar la muestra en el tubo del viscosímetro a través del tamiz N° 20, hasta que rebase el nivel del tubo de derrame.
  - Quitar rápidamente el tapón de la boquilla del tubo permitiendo que la muestra escurra hacia el matraz aforado.
  - Tomar el tiempo (en segundos) en que tarde en llenarse el matraz especial estándar hasta la marca de aforo.

- *Expresión de resultados:*El dato del tiempo en segundos es el valor de la viscosidad Saybolt Furol a 25°C.

b) Residuo Asfáltico: Para la determinación del ensayo, se seguirá el procedimiento indicado en el ASTM D-244.

- *Herramientas y materiales.*
  - Destilador aluminado. Con medidas aproximadas de 240 mm (9 1/2 pulg) de altura y 95 mm (3 3/4 pulg) de diámetro interno y con un quemador circular de 121 mm (5 pulg) de diámetro ajustado a la parte exterior del destilador.
  - Tubo de conexión, de vidrio.
  - Condensador de agua.
  - Cilindro graduado.
  - Dos termómetros, de baja destilación.
  - Mechero.
  - Balanza

❖ *Procedimiento.*

- Pesar exactamente 200 ± 0,1 g de la emulsión en el destilador aluminizado, el cual ha sido previamente pesado (incluyendo grapas, tapas, termómetros y empaques).
- Colocar los dos termómetros, a través de corchos, en cada uno de los pequeños agujeros provistos en la tapa, y ajustarlos de tal manera que el bulbo de un termómetro se encuentre a 6,4 mm del fondo del destilador, y el bulbo del otro a 165,1 mm aproximadamente del fondo del destilador.
- Puede colocarse un empaque del papel aceitado entre el destilador y la tapa, o limarse las caras de ambos y ajustarse la grapa para sellar herméticamente el destilador con la tapa.
- Adaptar el quemador alrededor de destilador a 152,4 mm (6 pulg) del fondo y calentar lentamente ajustando la llama; aplicar también, con el mechero Bunsen, suficiente calor en el tubo de conexión, para evitar la condensación de agua.
- Mover el quemador circular aproximadamente a nivel con el fondo, cuando en el termómetro que está ubicado a 6,4 mm del fondo se observe una temperatura de 215°C.
- Incrementar la temperatura a 260°C y mantenerla durante 15 minutos. La destilación será total cuando se completen 60 ± 15 minutos después de la primera aplicación de calor.
- Inmediatamente después de terminar el período de calentamiento, pesar nuevamente el destilador con sus accesorios y el residuo remanente; anotar el peso y calcular el residuo por destilación.
- Si es necesario realizar un análisis del residuo, se quitará la tapa del destilador, se agitarán y vaciarán suficientes porciones del residuo a través de un tamiz de 300 µm (No. 50), dentro de recipientes de 240 cm3 o moldes adecuados para los ensayos requeridos; se dejará que el residuo se enfríe hasta temperatura ambiente y se someterá a las pruebas necesarias.

- *Expresión de resultados:* Calcular el porcentaje de residuo por destilación de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Residuo} = \frac{(M_1 + 1.5) - M_2 \times 100}{M_3 - M_2}$$

Dónde:

- M_1 = peso del residuo, destilador y accesorios al término del período de calentamiento, en gramos.
- M_2 = peso del destilador y accesorios, en gramos.
- M_3 = peso de la muestra, destilador y accesorios, en gramos.

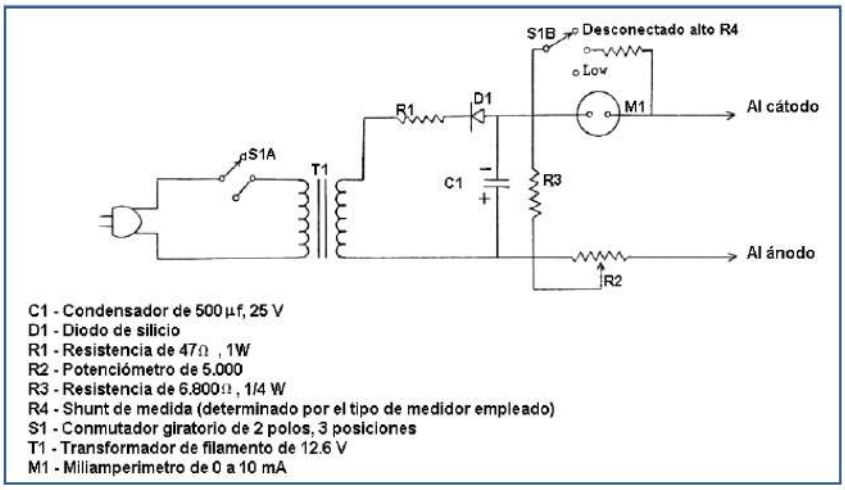
c) Carga de Partícula: Para la determinación del ensayo, se seguirá el procedimiento indicado en el ASTM D-244.

- *Herramientas y materiales.*
  - Fuente de corriente continua. Dispositivo de alimentación eléctrica de corriente continua de 12 V, provisto de un miliamperímetro y una resistencia variable.
  - Baño de Agua, capaces de mantener la temperatura de prueba requerida dentro de los límites específicos en este método de prueba.
  - Electrodos. Dos placas de acero inoxidable, de 25 mm de ancho y 101,6 mm de largo, aisladas entre si y montadas en un dispositivo que las mantenga rígidamente paralelas, a una distancia de 13 mm.
  - Vasos de vidrio. Vasos de vidrio de 150 ó 250 mL de capacidad.
  - Varilla de vidrio, 101,6 mm de largo y 6,35 mm de grueso u otro material o aparato adecuado que sea capaz de aislar y suspender el ensamble de electrodo en emulsión.
  - Emulsión asfáltica catiónica.

- *Procedimiento.*
  - Caliente la emulsión a ser probada a 50 ± 3°C, en un baño de agua de 71 ± 3°C. Remueva completamente la emulsión para asegurar uniformidad de temperatura.
  - La muestra de emulsión se vierte en un vaso de vidrio de 250 mL en cantidad tal que permita sumergir 25 mm los electrodos dentro de ella.

- Se montan los electrodos, previamente limpios y secos, y se introducen en la emulsión hasta la señal de enrase de 25 mm.
- Se conectan los electrodos a la fuente de alimentación y se ajusta la intensidad de la corriente, mediante la resistencia variable, hasta unos 8 mA, poniendo en marcha al mismo tiempo un reloj.

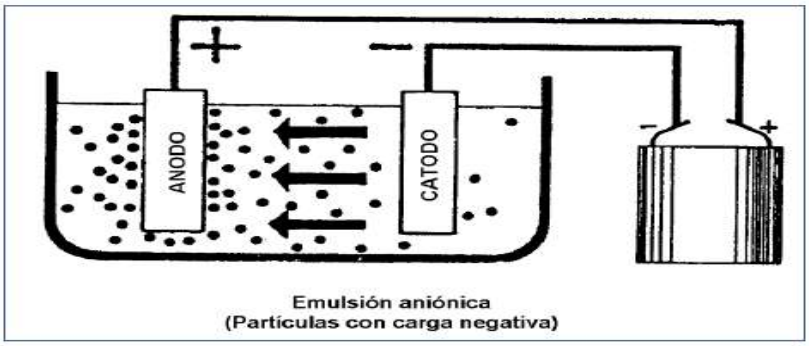
Figura 10: Esquema del circuito para el medidor de carga de las partículas



Fuente: Manual de ensayos de carreteras-MTC (EM-2000)

- Cuando la intensidad de la corriente baje a 2 mA o hayan transcurrido 30 minutos, se desconecta la corriente, desmontar los electrodos y se lava con agua.
- Finalmente, se observa el depósito que queda en los electrodos; una emulsión catiónica producirá un depósito apreciable de ligante en el cátodo (electrodo negativo), mientras que el ánodo (electrodo positivo), permanecerá limpio.

Figura 11: Emulsión aniónica (partículas con carga negativa)



Fuente: Manual de ensayos de carreteras-MTC (EM-2000)

- *Expresión de resultados: Se* expresará que la carga de la partícula es "positiva", si la película de ligante se deposita en el cátodo, y "negativa", si se deposita en el ánodo.

d) Tamizado de la Emulsión Asfáltica: La norma a seguir para el desarrollo del tamizado de la emulsión asfáltica es la ASTM D-244.

- *Herramientas y materiales.*
  - Un tamiz de abertura 850 µm (Nº 20).
  - Agua destilada para realizar todas las operaciones de lavado y humectación.

- *Procedimiento.*
  - Todo asfalto emulsionado debe ser adecuadamente removido para lograr su homogeneidad antes de su ensayo.
  - Pesar el tamiz No 20 con fondo y tapa; valor que se denomina peso tara Pt
  - Una muestra de emulsión homogeneizada se vierte en el vaso de 1000 cc
  - Tamizar la muestra con la finalidad de retener los glóbulos mayores de 8 micras.
  - Para evitar reacciones químicas se recomienda mojar el tamiz con la misma solución jabonosa de la emulsión asfáltica.
  - Posteriormente lavar el tamiz con agua destilada.
  - Colocar el fondo y la tapa, y el conjunto secar en el horno durante 2 horas a 100oC después de lo cual se saca del horno, dejar enfriar a temperatura ambiente y pesar (Pr).

- *Expresión de resultados:* Se calcula el porcentaje de muestra retenido en el tamiz de la manera siguiente:

$$\% R = \frac{P_r - P_t}{10}$$

e) Penetración 25°C, 100g, 5s: Para la ejecución del ensayo de penetración en el residuo asfáltico se utiliza la norma, ASTM D5 - 05

- *Herramientas y materiales.*
  - Penetrómetro.
  - Cronometro.
  - Recipiente.
  - Horno.

- *Procedimiento.*
  - La muestra no debe ser calentada a menos de 60 °C y máximo por 60 minutos.
  - La muestra se coloca en un recipiente lo suficientemente profundo, al menos un 120% la altura de la aguja.
  - Se deja enfriar a temperatura ambiente entre 1 a 2 horas.
  - Una vez encerado el equipo se coloca la muestra dentro de la bandeja del penetrómetro lleno con agua.
  - Bajar la aguja hasta que la punta de la misma haga un mínimo contacto con la muestra.
  - Soltar rápidamente el sostenedor de la aguja hasta cumplir con el periodo de tiempo establecido en la norma
  - Ajustar el instrumento para su medición de penetración en decimas de milímetros.
  - Realizar al menos 3 muestras para obtener un valor más cercano a la realidad.

- *Expresión de resultados:* Para la medición de penetración será en decimas de milímetros.

f) Ductilidad 5ºC, 5 cm/min, cm: Para la ejecución del ensayo de penetración en el residuo asfáltico se utiliza la norma, ASTM D5 - 05

- *Herramientas y materiales.*
  - Ductilómetro, consta de un tanque de agua en el que se sumergen los especímenes, provisto de un mecanismo de arrastre que no produzca vibraciones, capaz de separar a la velocidad especificada un extremo de la probeta del otro, que permanece fijo.

- Termómetro.
- Placa, para el alineamiento de los moldes, se dispondrá de una placa de bronce plana, provista de un tornillo lateral de sujeción.
- Baño de agua, que pueda mantener la temperatura de ensayo con una variación máxima de 0,1º C. Su volumen no será inferior a 10 litros y estará equipado con una placa perforada para la colocación de los especímenes, situada a una distancia mínima de 50 mm del fondo y 100 mm de la superficie.

❖ *Procedimiento.*

- Ensamble el molde en la placa de bronce. Cubra completamente la superficie de la plancha y superficies interiores de los lados a y a', Figura 1, del molde con una capa delgada de una mezcla de glicerina y dextrin, talco o caolín (arcilla de loza) para impedir que el material bajo la prueba se adhiera.
- Calentar cuidadosamente la muestra previniendo el sobrecalentamiento local hasta que se haya puesto suficientemente fluido para verter.
- Dejar el molde, conteniendo el material a una temperatura ambiente por un periodo entre 30 a 40 minutos y luego ponerlo en el baño de agua manteniéndolo a una temperatura de prueba especificada por 30 minutos.
- Eliminar el exceso de bitumen con un emparejador o espátula justo al ras del molde.
- Manteniendo el espécimen a temperatura normal – Colocar la plancha de bronce y el molde, con el espécimen, en el baño de agua y mantener a temperatura especificada por un periodo de 85 a 95 minutos.
- Luego quite la briqueta de la plancha, separe los trozos laterales, e inmediatamente ensaye la briqueta.
- Ajuste los anillos de cada extremo de los sujetadores a los broches de la máquina de prueba y estire los dos sujetadores separadamente a una velocidad uniforme como lo especificado hasta la ruptura de la briqueta.
- Mida la distancia en centímetros a través de la cual se han estirado los sujetadores produciendo la ruptura.

- Mientras la prueba se realiza, el agua del tanque de la máquina de prueba cubrirá el espécimen por arriba y abajo, y deberá estar protegido continuamente a temperatura especificada

❖ *Expresión de resultados: La* distancia en cm que se han separado desde su posición inicial hasta que se produce la rotura en un ensayo normal, es el valor de la ductilidad de una probeta, se debe calcular el promedio de tres pruebas normales.

Equipos y Herramientas

Por lo general el equipo requerido es motoniveladora con escarificadora, tractor con ripper, equipo para distribución de mortero asfáltico, mezcladora rotativa, barredora mecánica, compactadora, vehículo de escolta, cisterna de agua, equipo de bombeo y volquete. Así como las herramientas de mano y equipo de transporte necesarios.

Procedimiento de Ejecución

Antes de empezar los trabajos, se implementará el equipamiento y señalización correspondiente, para garantizar la seguridad del personal de la obra y los usuarios de la carretera según lo establecido en la **Sección 103** del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, el cual menciona todas las acciones, facilidades, dispositivos y operaciones que sean requeridos para garantizar la seguridad y confort del público usuario erradicando cualquier incomodidad o molestias que puedan ser ocasionados por deficientes servicios de mantenimiento de tránsito y seguridad vial.

El procedimiento de ejecución comprenderá las siguientes etapas:

1. **Explotación de materiales y elaboración de agregados**

   Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.04** del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, vigente, en el cual menciona lo siguiente:

   Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista

suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la recuperación ambiental de las áreas afectadas. Al concluirse los trabajos en las canteras temporales.

2. Diseño del mortero asfáltico y obtención de la fórmula de trabajo

Para elegir la clase de mortero asfáltico a utilizar, se podrá adoptar alguna de las granulometrías de agregados indicadas en la **Tabla 420-02** del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Tipo 1:** Se aplica en zonas de bajo tránsito, donde el objetivo principal es el óptimo sellado de la superficie. Es adecuado para realizar sello de grietas, relleno de huecos y reparar la erosión en la superficie. El contenido de asfalto residual debe encontrarse entre el 10 y el 16% del peso del agregado seco. Se debe aplicar en una relación comprendida entre 3.3 a 5.4 kg/cm2. Este tipo de mortero asfáltico debe ser utilizado donde la resistencia al deslizamiento sea la carácterística más importante a conseguir.

- **Tipo 2:** Este tipo de mortero protege la superficie subyacente del envejecimiento y daño por efecto del agua y mejora la fricción superficial. Se recomienda para realizar relleno de huecos, corregir daños graves en la superficie producidos por la erosión. El contenido de asfalto residual debe encontrarse entre el 7.5 y el 13.5% del peso del agregado seco. Se debe aplicar en una relación comprendida entre 5.4 y 8.2 kg/m2. Este tipo de erosión o tengan numerosas grietas. Támbien pueden ser utilizados para

cubrir una superficie bituminosa desgastada o como sellador de bases estabilizadas.

- **Tipo 3:** Se utilizao para conseguir altos valores de fricción superficial, se recomienda su aplicación en vías con elevados niveles de tránsito. Es adecuado para realizar una renovación de la superficie. El contenido de asfalto residual deberá estar comprendido entre 6.5 y el 12% del peso del agregado seco. Debe ser aplicado en una relación de 8.2 o mas kg/m2.
  Por lo tanto la mezcla de agregados deberá ajustars a una de las siguientes gradaciones:

Tabla 16: Granulometria de los agregados

Tipo	**I**	**II**	**III**
Tamaño del tamiz	**% Pasa**	**% Pasa**	**% Pasa**
3/8" (9,50 mm)	100	100	100
N°4 (4,75 mm)	100	90-100	70-90
N°8 (2,36 mm)	90-100	65-90	45-70
N°16 (2,36 mm)	65-90	45-70	28-50
N°30 (0,60 µm)	40-60	30-50	19-34
N°50 (0,30 µm)	25-42	18-30	12-25
N°100 (0,15 µm)	15-30	10-21	7-18
N°200 (0,075 µm)	10-20	5-15	5-15

Fuente: Manual de carreteras, EG 2013.
Elaboración: El Autor de la tesis

En cuanto al diseño, rige todo lo que resulte pertinente de la **subsección 415.05** del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, donde indica lo siguiente:

Antes de iniciar el acopio de los materiales, se deberá verificar del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en la mezcla asfáltica.

Se definirá una "Fórmula de Trabajo" que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en la especificación correspondiente. En dicha fórmula se consignará la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que deben mezclarse, junto con el polvo mineral (filler), de ser el caso, para obtener la gradación aprobada.

En mezclas asfálticas deberán indicarse, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con el peso de la mezcla y el porcentaje de aditivo respecto al peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria. Si la mezcla es en frío y requiere la incorporación de agua, deberá indicarse la proporción de ésta.

Finalmente la consistencia apropiada del mortero se determinará en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia según la norma de ensayo MTC E 416.

El contenido óptimo de ligante se determinará mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma MTC E 417 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada. Para la elección del óptimo, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Pérdida máxima admisible en el ensayo de abrasión 0.065 g/cm2
- Cohesión en húmedo (MTC E 419)
  31 minutos; 12 kg/cm mínimo
  60 minutos; 20 kg/cm mínimo
- Contenido de asfalto 538 g/m2 máximo (ISSA TB109)
- Desprendimiento en húmedo 90% mínimo (ISSA TB114)
- Absorción máxima admisible de arena en el ensayo de ruega cargada (MTC E 418).

Tabla 17: Absorción admisible.

Tránsito medio diario (vehículos)	Absorción admisible (g/cm2)
Menos de 300	0.08
300-1500	0.07
Más de 1500	0.06

Fuente: Manual de carreteras, EG 2013.
Elaboración: El Autor de la tesis

3. Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación del mortero asfáltico, la superficie que habrá de recibirla se limpiará de polvo, barro seco o cualquier material suelto que puede ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras. Sólo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos.

La superficie debe ser regada las veces que sea necesario a fin de tener el óptimo contenido de humedad requerido para la aplicación del mortero asfáltico.

4. **Elaboración y aplicación del mortero asfáltico**

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión del mortero, la superficie por tratar deberá ser humedecida con agua de manera uniforme en la cantidad especificada.

El mortero preparado en el cajón mezclador de la máquina pasará a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la cual se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie.

El avance del equipo se hará paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se ajustará para garantizar una aplicación correcta del mortero y una superficie uniforme.

El mortero debe ser aplicado solamente cuando la temperatura atmosférica a la sombra este por encima de las 10 °C y la superficie del camino se encuentre seco y las condiciones climáticas sean favorables.

5. **Juntas de Trabajo**

Las juntas de trabajo longitudinales no podrán presentar traslapos ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan serán alisadas manualmente de manera inmediata, antes de la rotura de la emulsión. Los traslapos de las juntas transversales serán igualmente aislados antes de la rotura de la emulsión, de modo que no se presenten cambios apreciables en la uniformidad de la superficie.

6. **Aplicación de la segunda capa de mortero**

En caso de estar prevista una segunda aplicación de mortero, ésta no podrá efectuarse hasta cuando haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación y haya sido sometido al tránsito vehicular al menos durante un día.

CAPITULO 5. MATERIALES Y METODOS

1. Tipo de diseño de Investigación

Esta investigación es de Diseño de Investigación No Experimental Transversal Descriptivo.

Diseño no experimental, porque no se manipulan las variables, porque solo se sustrae a contemplar los fenómenos en su estado natural para luego analizarlo, se caracteriza por no manipular deliberadamente la variable.

Es transversal, porque se recolectan datos con el propósito de describir las variables y analizar su comportamiento en el mismo tiempo.

Descriptivo, porque se observa y describe los fenómenos tal como se presentan en forma natural**.**

2. Material de estudio

2.1 Población Muestra

La población muestral se refiere a todas las carreteras que están en todo el departamento de La Libertad.

2.2 Unidad de Estudio.

La unidad de estudio se ha delimitado solo en la Carretera Lucma - 09 de Octubre.

3. Técnicas, procedimientos e instrumentos

3.1 Para recolectar datos

La técnica utilizada para esta investigación será la GUIA DE OBSERVACIÓN, porque se describe los fenómenos tal como se presentan en forma natural. Porque permite plasmar los datos de campo de una manera ordenada y teniendo indicadores que permiten determinar los parámetros establecidos para la investigación.

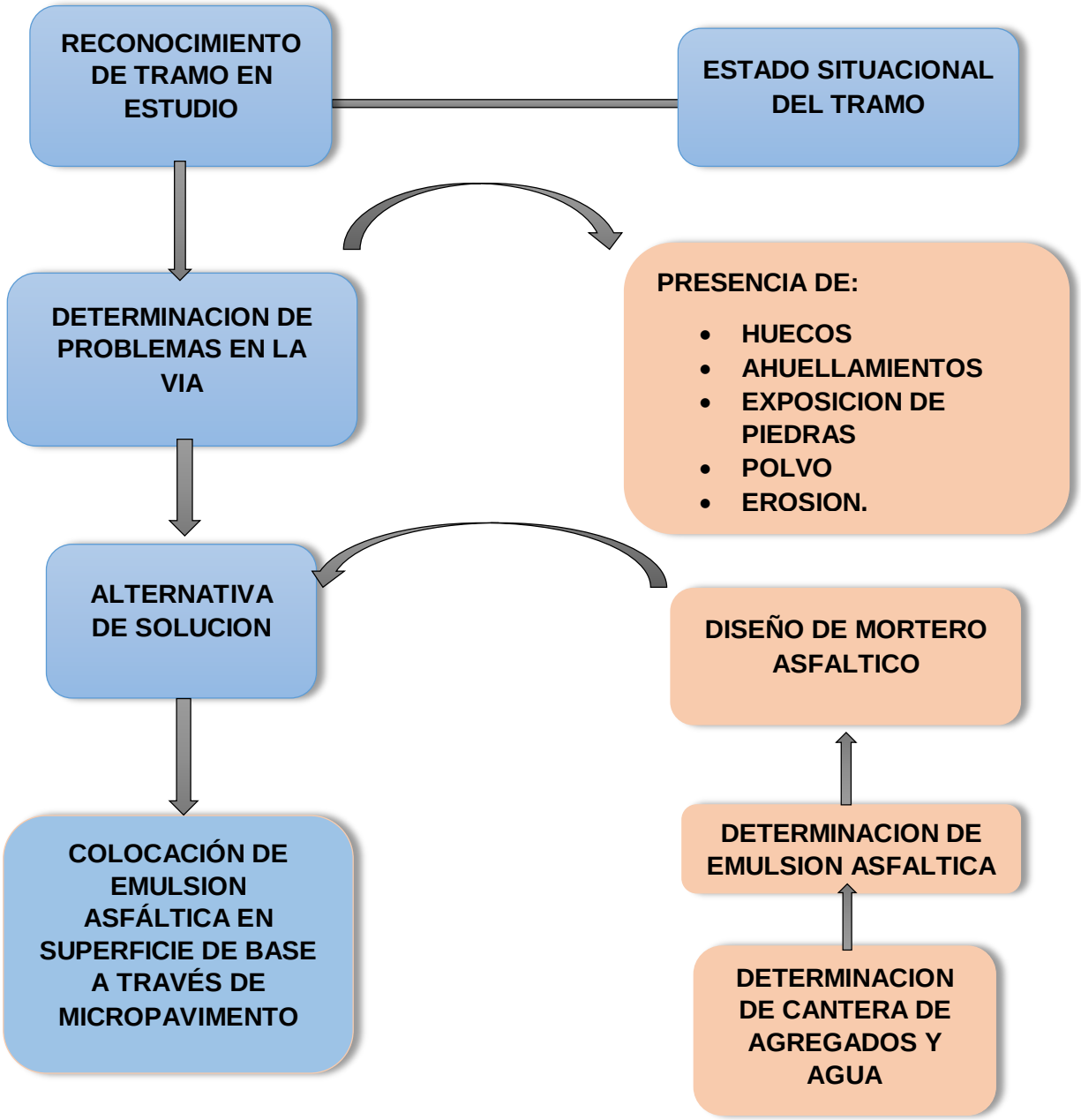
En el anexo N° 06 se presenta el formato de guía de observación realizada para el tramo de la carretera Lucma – 09 de Octubre, para cada patología encontrada durante el recorrido en ella, para la cual se anexa una fotografía real para su mejor apreciación.

3.2 Para procesar datos

En el procesamiento de los datos obtenidos se usará hojas de cálculo en Microsoft Excel, luego se plasmará en tablas y gráficos estadísticos para desarrollar una mejor visión de los resultados.

3.3 Procedimientos.

Figura 12: Procedimiento de Aplicación del Proyecto



Elaboración: El Autor de la tesis.

RECONOCIMIENTO DE TRAMO:

La carretera Lucma - 09 de Octubre, se inicia en el poblado de 9 de octubre, en el puente Chuquillanqui, políticamente se ubica en el distrito de Gran Chimú, provincia de Gran Chimú; departamento de La Libertad.

Actualmente la carretera en estudio se encuentra deteriorada debido a la presencia de lluvias y el aumento del flujo vehicular que circula diariamente por la zona, causando el desgate de la capa de afirmado existente.

DETERMINACION DE PROBLEMAS EN LA VIA

El tramo en investigación se ve afectado por diversos motivos tales como pluviales y de exceso de carga vehicular, los cuales vienen generando efectos desfavorables para la población, quienes se ven afectados debido a que el tramo es una de las principales vías de acceso para el comercio de la zona. Los problemas existentes en la vía son los siguientes:

- **Desintegración**: Este daño se caracteriza por una desintegración de la superficie del afirmado por pérdida de material granular, quedando expuesto a la intemperie, debido a que estructuralmente es insuficiente para el nivel de solicitaciones o tiene drenaje inadecuado o insuficiente.

- **Baches**: Es una desintegración normalmente de forma redondeada, que se forma al desprenderse el material granular de la superficie, siendo las posibles causas: espesores insuficientes, retención de agua en zonas hundidas y /o fisuradas, cargas debidas al tránsito sobre fisuras que han alcanzado un alto nivel de severidad.

- **Erosión**: Es el desgaste de la capa de afirmado y subrasante debido al desborde de agua de las estructuras de drenaje de la carretera, como efecto de un mal o deficiente mantenimiento y la acción de las precipitaciones pluviales estacionarias propios de la zona.

- **Ahuellamiento**: Es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de la llanta de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes de la zona deprimida.

- **Desgaste**: Corresponde al deterioro del tramo ocasionado principalmente por la acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro de la carretera por acción del medio ambiente y del tránsito.

- **Polvo**: Debido al desgate existente en la carretera, se presenta en ciertos tramos la presencia de polvo como consecuencia del flujo vehicular, generando malestar tanto al peatón como conductor. Del mismo modo se observa gran cantidad de polvo acumulado a los bordes de la carretera, los cuales generan un impacto negativo a la flora de la zona adyacente de estudio, debido a que el material fino se impregna en las hojas y tallos de la vegetación impidiendo su normal desarrollo.

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Teniendo en cuenta que el tipo de carretera es de tercer orden, de acuerdo a su IMDa, y al haber elegido una granulometría de agregados tipo II, se ha determinado utilizar la emulsión asfáltica modificada CQS-1HP, el cual contiene polímeros para un espesor de mortero de 10 mm.

Los micropavimentos están diseñados para una vida útil de 10 años, además con respecto al mantenimiento son más económicos, debido a la fácil aplicación y la preparación del mortero a pie de obra.

Con respecto a la emulsión se eligió la CQS-1HP, debido a su rotura rápida, la cual permite una apertura rápido al tráfico, logrando de esta manera evitar la molestia de los usuarios que circular diariamente por la carretera Lucma – 09 de Octubre.

3.4 INSTRUMENTOS.

Para la presente investigación los instrumentos utilizados fueron:

- Guía de Observación.
- Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.
- Manual de Ensayo de Materiales – MTC.

De ambos manuales se obtuvo la información necesaria para el correcto desarrollo de la investigación.

Figura 13: Desintegración de superficie de afirmado en el tramo Km 0+000 – Km 3+000

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 14: Desgaste de superficie de afirmado en el tramo Km 0+000 – Km 3+000.

Elaboración: El autor de la tesis

.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

1. DATOS INFORMATIVOS:

1.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

1.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 0+000 – 3+000

1.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

1.4. Hora de la observación: 11:00 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipo de pavimento:

☐ Flexible ☐ Rígido ☒ Afirmado

2.2. Tipo de deterioro:

☐ Ahuellamientos ☒ Desgaste ☐ Erosión ☐ Presencia de polvo

☒ Otros deterioros

2.3. Nivel de deterioro:

☐ Ligero ☒ Medio ☐ Fuerte

2.4. Condición del pavimento:

☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo

2.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[ ] Enfermedades Respiratorias [X] Pérdida de tiempo [ ] Accidentes [ ] Otros

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

2.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [X] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 15: Huecos en el tramo Km 3+000 – Km 6+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 16: Presencia de polvo en el tramo Km 3+000 – Km 6+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

3. DATOS INFORMATIVOS:

3.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

3.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 3+000 – 6+000

3.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

3.4. Hora de la observación: 11:00 am

4. DATOS ESPECÍFICOS:

4.1. Tipo de pavimento:

☐ Flexible ☐ Rígido ☒ Afirmado

4.2. Tipo de deterioro:

☐ Ahuellamientos ☒ Desgaste ☐ Erosión ☒ Presencia de polvo

☒ Otros deterioros

4.3. Nivel de deterioro:

☐ Ligero ☒ Medio ☐ Fuerte

4.4. Condición del pavimento:

☐ Bueno ☐ Regular ☒ Malo

4.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[X] Enfermedades Respiratorias [ ] Pérdida de tiempo [X] Accidentes [ ] Otros

4.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

4.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [X] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 17: Erosión en el tramo Km 6+000 – Km 9+000

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 18: Presencia de polvo acumulado en el tramo Km 6+000 – Km 9+000

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

5. DATOS INFORMATIVOS:

5.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

5.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 6+000 – Km 9+000

5.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

5.4. Hora de la observación: 11:00 am

6. DATOS ESPECÍFICOS:

6.1. Tipo de pavimento:

☐ Flexible ☐ Rígido ☒ Afirmado

6.2. Tipo de deterioro:

☐ Ahuellamientos ☐ Desgaste ☒ Erosión ☒ Presencia de polvo

☐ Otros deterioros

6.3. Nivel de deterioro:

☐ Ligero ☐ Medio ☒ Fuerte

6.4. Condición del pavimento:

☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo

6.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[ ] Enfermedades Respiratorias [X] Pérdida de tiempo [X] Accidentes [ ] Otros

6.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

6.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [ ] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 19: Ahuellamientos en el tramo Km 9+000 – Km 12+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 20: Desgaste de la superficie de afirmado en el tramo Km 9+000 – Km 12+000

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

7. DATOS INFORMATIVOS:

7.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

7.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 9+000 – Km 12+000

7.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

7.4. Hora de la observación: 11:00 am

8. DATOS ESPECÍFICOS:

8.1. Tipo de pavimento:

☐ Flexible ☐ Rígido ☒ Afirmado

8.2. Tipo de deterioro:

☒ Ahuellamientos ☒ Desgaste ☐ Erosión ☐ Presencia de polvo

☐ Otros deterioros

8.3. Nivel de deterioro:

☐ Ligero ☒ Medio ☐ Fuerte

8.4. Condición del pavimento:

☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo

8.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[ ] Enfermedades Respiratorias [X] Pérdida de tiempo [ ] Accidentes [X] Otros

8.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

8.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[ ] Falta de mantenimiento [X] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 21: Desgaste de la superficie de afirmado en el tramo Km 12+000 – Km 15+000

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 22: Huecos en el tramo Km 12+000 – Km 15+000

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

9. DATOS INFORMATIVOS:

9.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

9.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 12+000 – Km 15+000

9.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

9.4. Hora de la observación: 11:00 am

10. DATOS ESPECÍFICOS:

10.1. Tipo de pavimento:

[ ] Flexible [ ] Rígido [X] Afirmado

10.2. Tipo de deterioro:

[ ] Ahuellamientos [X] Desgaste [ ] Erosión [ ] Presencia de polvo

[X] Otros deterioros

10.3. Nivel de deterioro:

[ ] Ligero [X] Medio [ ] Fuerte

10.4. Condición del pavimento:

[ ] Bueno [X] Regular [ ] Malo

10.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[ ] Enfermedades Respiratorias [X] Pérdida de tiempo [ ] Accidentes [ ] Otros

10.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[ ] Mucho [X] Poco [ ] Nada

10.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [X] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 23: Acumulación de polvo a los extremos en el tramo Km 15+000 – Km 18+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 24: Ahuellamientos en el tramo Km 15+000 – Km 18+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

11. DATOS INFORMATIVOS:

11.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

11.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 15+000 – Km 18+000

11.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

11.4. Hora de la observación: 11:00 am

12. DATOS ESPECÍFICOS:

12.1. Tipo de pavimento:

☐ Flexible ☐ Rígido ☒ Afirmado

12.2. Tipo de deterioro:

☒ Ahuellamientos ☐ Desgaste ☐ Erosión ☒ Presencia de polvo

☐ Otros deterioros

12.3. Nivel de deterioro:

☐ Ligero ☐ Medio ☒ Fuerte

12.4. Condición del pavimento:

☐ Bueno ☐ Regular ☒ Malo

12.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[X] Enfermedades Respiratorias [ ] Pérdida de tiempo [X] Accidentes [ ] Otros

12.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

12.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [ ] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 25: Presencia de polvo en el tramo Km 18+000 – Km 21+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 26: Erosión en el tramo Km 18+000 – Km 21+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

13. DATOS INFORMATIVOS:

13.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

13.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 18+000 – Km 21+000

13.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

13.4. Hora de la observación: 11:00 am

14. DATOS ESPECÍFICOS:

14.1. Tipo de pavimento:

[ ] Flexible [ ] Rígido [X] Afirmado

14.2. Tipo de deterioro:

[X] Ahuellamientos [ ] Desgaste [X] Erosión [X] Presencia de polvo

[ ] Otros deterioros

14.3. Nivel de deterioro:

[ ] Ligero [ ] Medio [X] Fuerte

14.4. Condición del pavimento:

[ ] Bueno [X] Regular [ ] Malo

14.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[X] Enfermedades Respiratorias [ ] Pérdida de tiempo [X] Accidentes [ ] Otros

14.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

14.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [X] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 27: Ahuellamientos en el tramo Km 21+000 – Km 24+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 28: Acumulación de polvo en el tramo Km 21+000 – Km 24+000

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

15. DATOS INFORMATIVOS:

15.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

15.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 21+000 – Km 24+000

15.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

15.4. Hora de la observación: 11:00 am

16. DATOS ESPECÍFICOS:

16.1. Tipo de pavimento:

[ ] Flexible [ ] Rígido [X] Afirmado

16.2. Tipo de deterioro:

[X] Ahuellamientos [ ] Desgaste [ ] Erosión [X] Presencia de polvo

[ ] Otros deterioros

16.3. Nivel de deterioro:

[ ] Ligero [ ] Medio [X] Fuerte

16.4. Condición del pavimento:

[ ] Bueno [X] Regular [ ] Malo

16.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[X] Enfermedades Respiratorias [ ] Pérdida de tiempo [X] Accidentes [ ] Otros

16.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

16.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [ ] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

Figura 29: Desgaste de la superficie de afirmado en el tramo Km 24+000 – Km 27+000.

Elaboración: El autor de la tesis.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

17. DATOS INFORMATIVOS:

17.1. Nombre del investigador: Cesar Mendoza Quispe

17.2. Ubicación / Tramo: Carretera Lucma – 09 de Octubre / Km 24+000 – Km 27+000

17.3. Fecha de la Observación: 03 de Octubre del 2016

17.4. Hora de la observación: 11:00 am

18. DATOS ESPECÍFICOS:

18.1. Tipo de pavimento:

[ ] Flexible [ ] Rígido [X] Afirmado

18.2. Tipo de deterioro:

[ ] Ahuellamientos [X] Desgaste [ ] Erosión [X] Presencia de polvo

[ ] Otros deterioros

18.3. Nivel de deterioro:

[ ] Ligero [ ] Medio [X] Fuerte

18.4. Condición del pavimento:

[ ] Bueno [X] Regular [ ] Malo

18.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

[X] Enfermedades Respiratorias [X] Pérdida de tiempo [ ] Accidentes [ ] Otros

18.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

[X] Mucho [ ] Poco [ ] Nada

18.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

[X] Falta de mantenimiento [ ] Circulación de vehículos no permitidos

[ ] Uso de materiales de baja calidad para su construcción [ ] Otros

CAPITULO 6. RESULTADOS

Se planteó la alternativa de aplicación de mortero asfaltico CQS-1HP, donde el diseño de mortero fue brindado por la empresa BITUPER SAC a petición del investigador, teniendo en cuenta las características y consideraciones de la zona de la carretera Lucma - 09 de Octubre.

La cantera para la explotación de los agregados, que forma parte del mortero asfaltico, fueron extraídos de la cantera "Desvío Cascas" ubicado a la altura del Km 8+300. **Posteriormente se eligió a la granulometría del tipo II** para la preparación del mortero, debido a que la superficie del tramo de la carretera se encuentra deteriorada, siendo este tipo la más idónea para satisfacer las necesidades de la zona.

Cabe mencionar que los agregados que se usaron para el diseño, fueron analizados por la empresa BITUPER SAC, quienes en su reporte de laboratorio sobre el diseño y dosificación del mortero asfaltico CQS-1HP, también realizó los ensayos pertinentes establecidos por el Manual de carreteras, los cuales fueron cumplidos con los requerimientos que exige la norma.

A continuación, se presenta el cuadro con la dosificación y diseño del mortero asfaltico CQS-1HP:

Tabla 18: Dosificación de Mortero Asfáltico CQS-1HP

PROPORCION EN VOLUMEN		
Arena chancada pasante malla N° 04 - Cantera Desvio Cascas	65.50	% en Volumen
Gravilla pasante malla 3/8 - Cantera Desvio Cascas	34.50	% en Volumen
Filler (Cemento Portland tipo I)	0.50	% en Volumen
PROPORCION EN PESO		
Arena chancada pasante malla N° 04 - Cantera Desvio Cascas	70.00	%
Gravilla pasante malla 3/8 - Cantera Desvio Cascas	30.00	%
Filler (Cemento Portland tipo I)	0.50	%
DOSIFICACION DE MORTERO ASFALTICO		
Emulsión	59.20	gal/m3
Agua de recubrimiento	52.70	gal/m3
Filler (Cemento Portland tipo I)	8.30	kg/m3
Aditivo I a 28°C	2.00	gal/m3
Aditivo I a 33°C	3.90	gal/m3

Fuente: Reporte de Laboratorio BITUPER SAC.
Elaboración: El autor de la tesis.

El cuadro muestra las cantidades necesarias para un óptimo desempeño del mortero asfaltico para la carretera Lucma - 09 de Octubre. Para su mayor información se anexará el reporte emitido por BITUPER SAC, en el cual se detalla todos los requerimientos que cumple el diseño para esta investigación.

Asimismo la misma empresa nos brindó un control de calidad de la emulsión utilizada para el mortero asfaltico, para esta investigación el emulsificante que se usó fue la emulsión CQS-1HP, debido a su rápido tiempo de curado, lo cual permite una rápida apertura del tránsito, logrando de esta manera no perjudicar a la población.

Los resultados obtenidos se muestran en el reporte brindado por BITUPER SAC, en el cual se aprecia que dicho producto cumple con todos los requerimientos exigidos por la normativa peruana. Para mayor información se anexa dicho reporte con todos los datos obtenidos.

A continuación, se presenta una tabla con los resultados que fueron realizados a la emulsión, del cual se puede afirmar que cumple con todos los requerimientos exigidos por el Manual de Carreteras.

Tabla 19: Requerimientos para la emulsión asfáltica CQS-1HP

Tipo	**Rotura Rápida**		**RESULTADO**	**ESTADO**
Grado	**CQS-1HP**			
	Min.	**Máx.**		
Prueba sobre emulsiones				
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	20	100	20.1	CUMPLE
Estabilidad de Almacenamiento, 24h, %		1	1	CUMPLE
Carga de partícula	Positivo		Positivo	CUMPLE
Prueba de tamiz %	-	0.10	0.02	CUMPLE
Pruebas sobre el Residuo de destilación:				
Penetración, 25°C , 100g, 5s	40	90	58.0	CUMPLE
Ductilidad, 5°C, 5 cm/min, cm	10		11	CUMPLE

Fuente: Reporte de Laboratorio BITUPER SAC.
Elaboración: El autor de la tesis.

Para el Mortero Asfáltico CQS-1HP, también se le realizaron los ensayos pertinentes, designados por el Manual de Carreteras, teniendo los siguientes resultados.

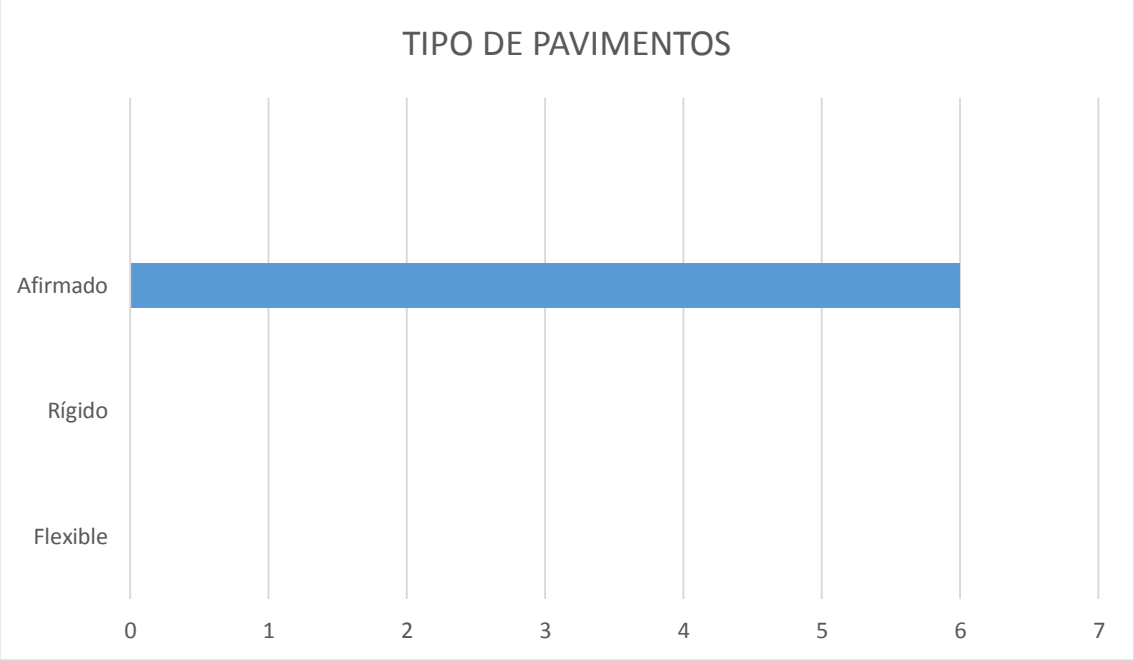
Tabla 20: Requerimientos para el Mortero asfáltico CQS-1HP

Tipo	Rotura Rápida		Resultado	Estado
MORTERO ASFÁLTICO	CQS-1HP			
	Min.	Máx.		
Abrasión	-	807 g/m2	430.0	CUMPLE
Rueda Cargada	-	538 g/m2	325.0	CUMPLE
Cohesión a 30 minutos	12 kg-cm	-	13	CUMPLE
Cohesión a 60 minutos	20 kg-cm	-	20	CUMPLE
Tiempo de mezclado	120 s	-	135	CUMPLE

Fuente: Reporte de Laboratorio BITUPER SAC.
Elaboración: El autor de la tesis.

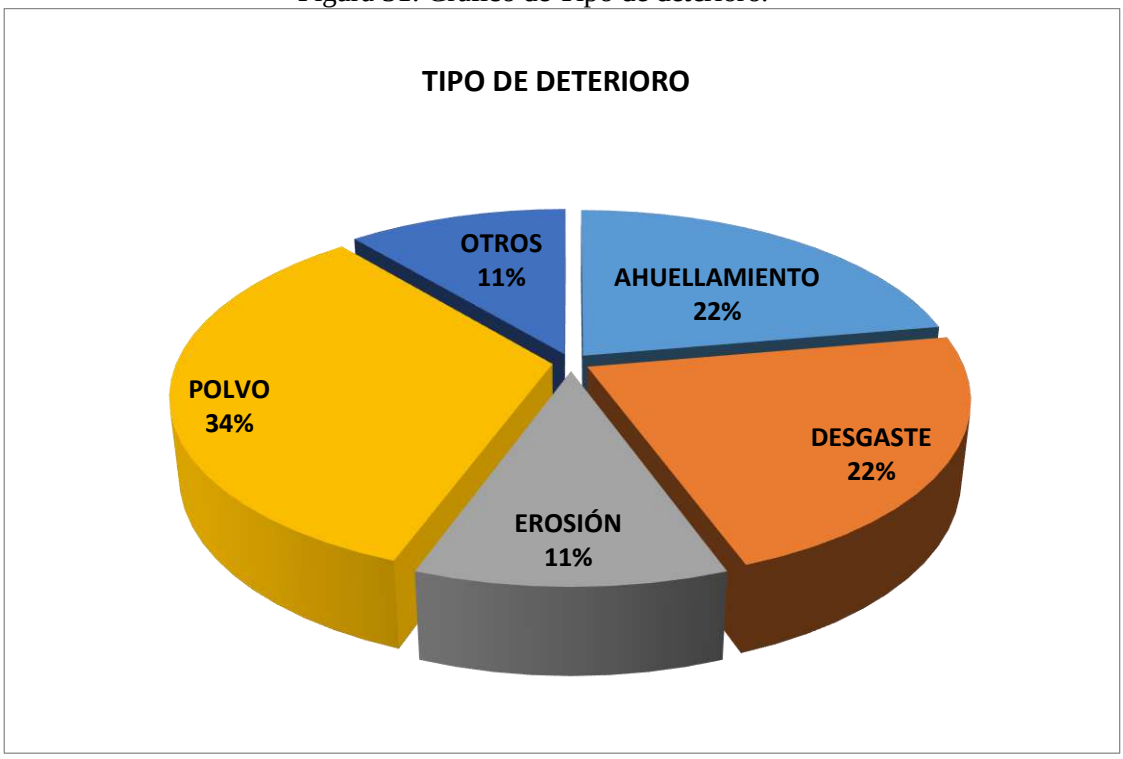
Con respecto a la guía de observación realizada, se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 30: Gráfico de Tipo de pavimento.



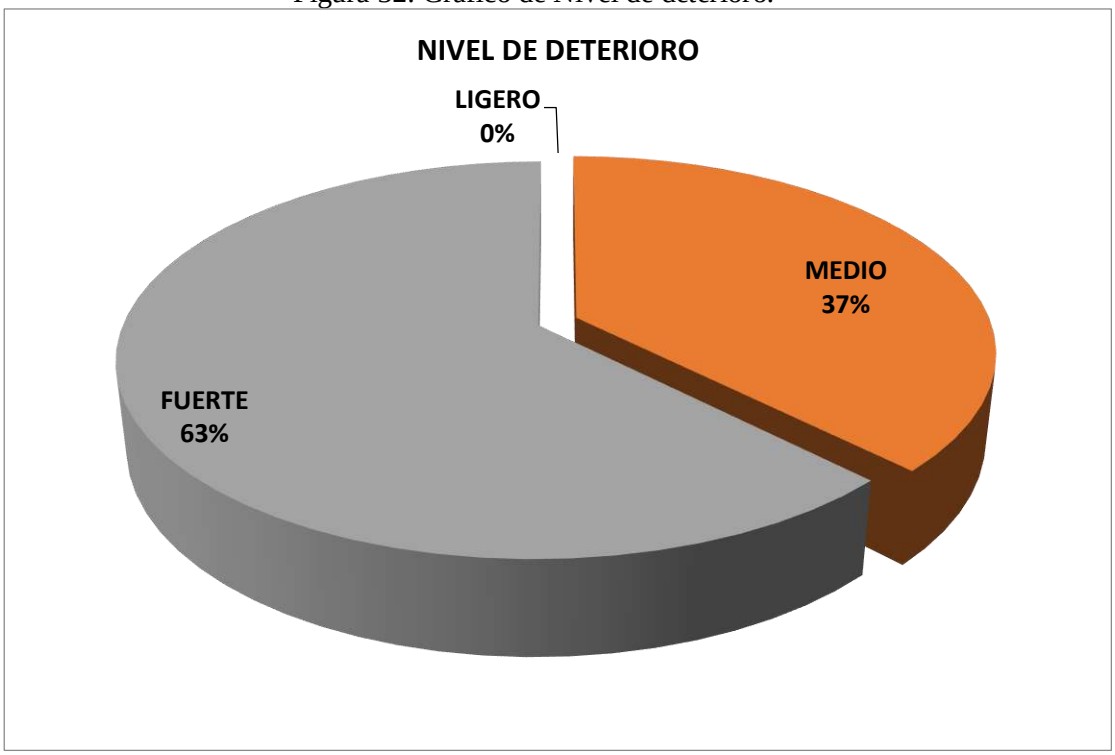
Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 31: Gráfico de Tipo de deterioro.



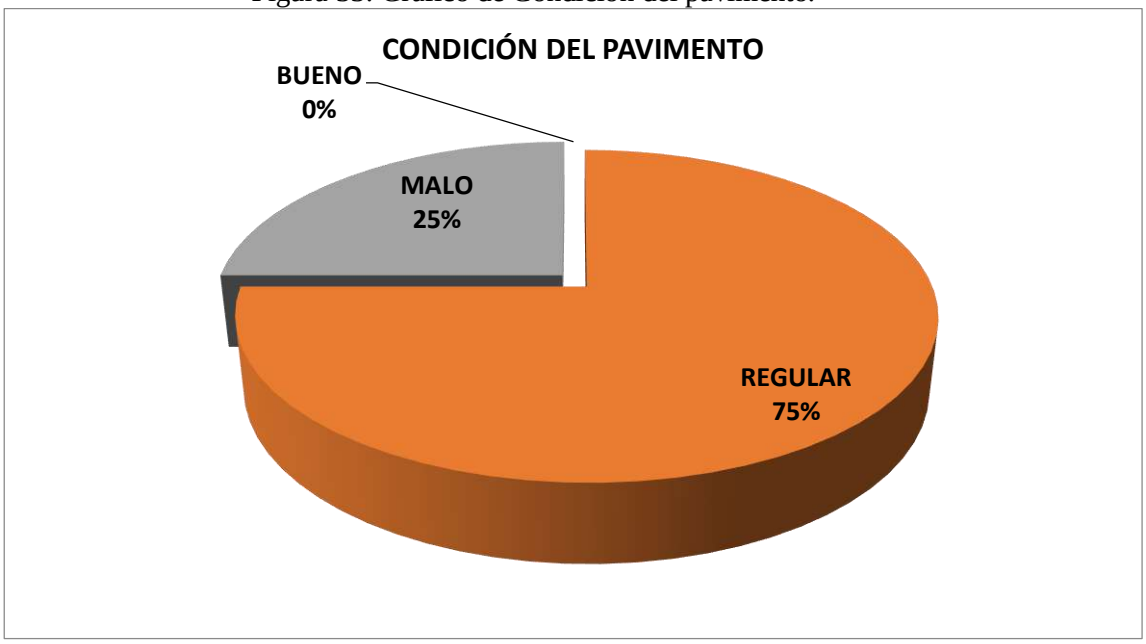
Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 32: Gráfico de Nivel de deterioro.



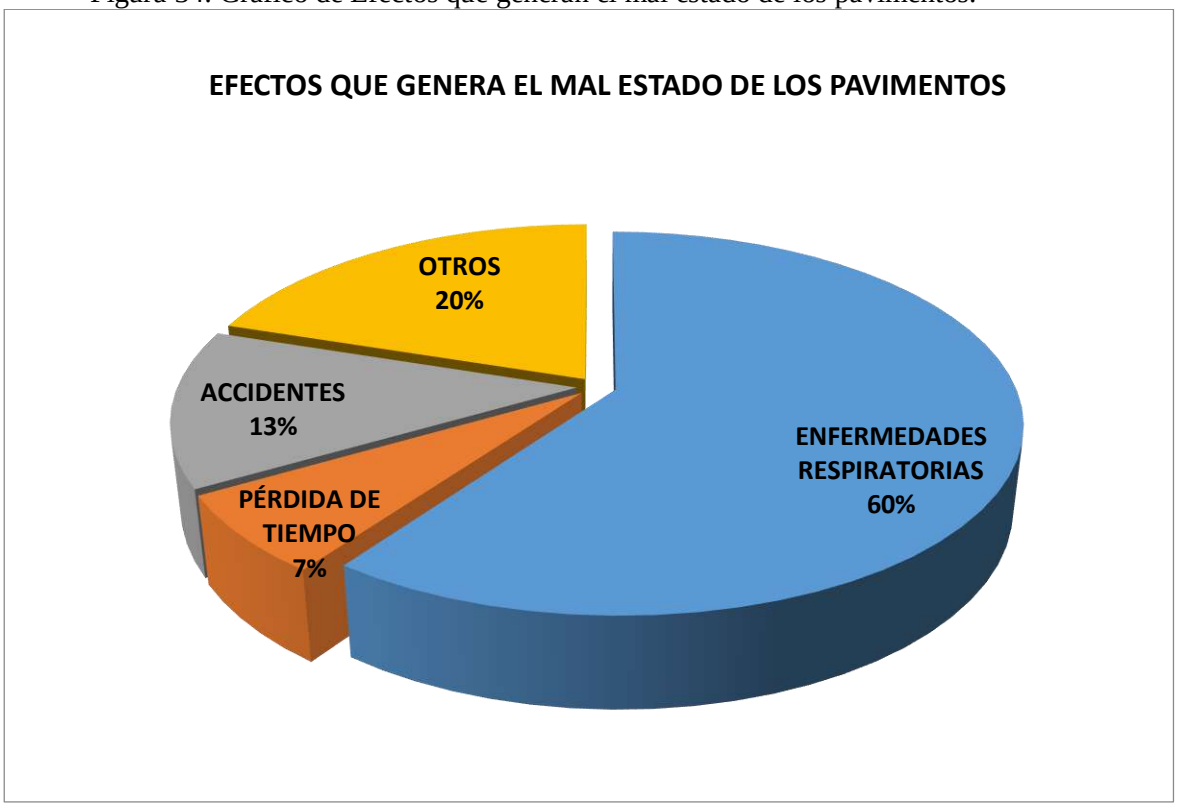
Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 33: Gráfico de Condición del pavimento.



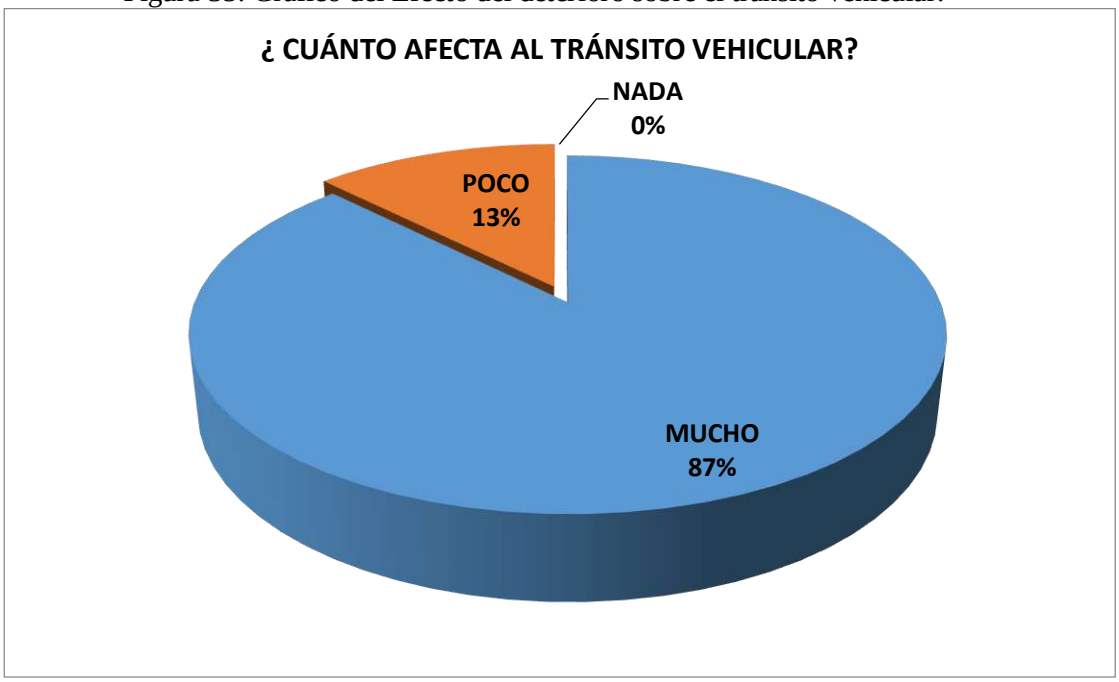
Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 34: Gráfico de Efectos que generan el mal estado de los pavimentos.



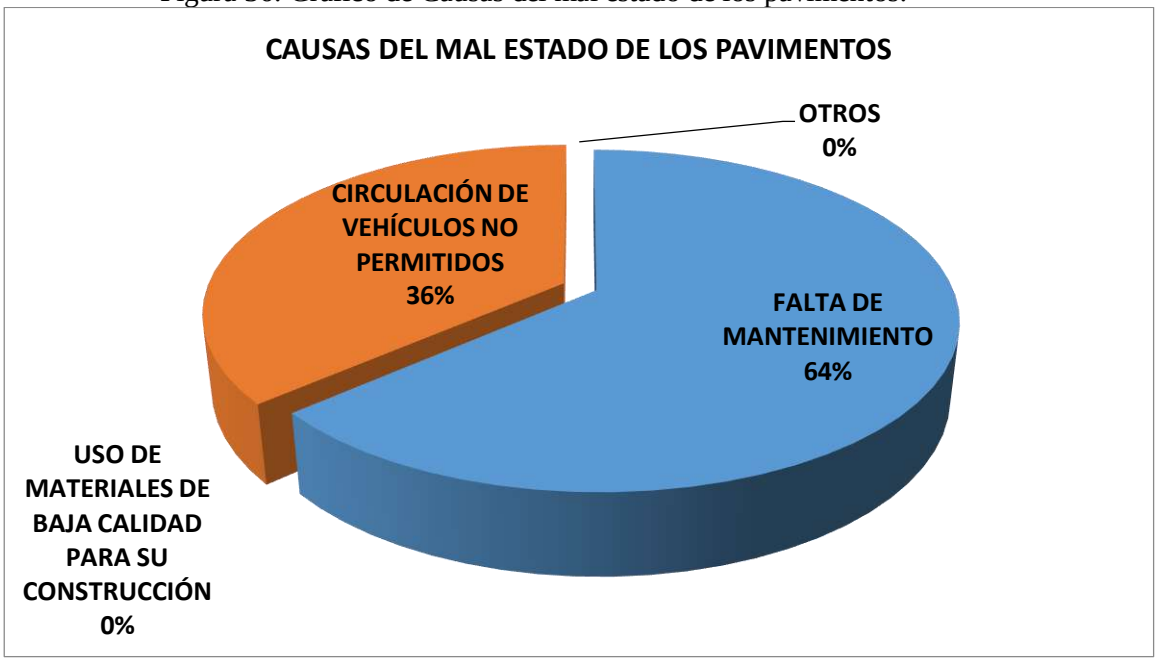
Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 35: Gráfico del Efecto del deterioro sobre el tránsito vehicular.



Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 36: Gráfico de Causas del mal estado de los pavimentos.



Elaboración: El autor de la tesis.

Desde el punto económico se realizó una comparación a nivel de costos unitarios entre un pavimento de concreto asfáltico en caliente, versus el pavimento de concreto asfáltico en frio con emulsión asfáltica, cuyo análisis de cada detallamos a continuación:

Tabla 21: Análisis de precios unitarios de concreto asfáltico en caliente.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Presupuesto	**0202004**	**MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL LA-107 PUNTO CUATRO - FERREÑAFE, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**
Subpresupuesto	**001**	**MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL LA-107 PUNTO CUATRO - FERREÑAFE, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

Partida	**04.02**	**PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO CALIENTE**					
Rendimiento	**m3/DIA**	MO. **300.0000**	EQ. **300.0000**	Costo unitario directo por : m3			**536.93**
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0267	23.04	0.62
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	19.20	0.51
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.1600	14.32	2.29
							3.42
	Materiales						
02010500050004	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE		m3		1.3000	400.00	520.00
							520.00
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	3.42	0.17
03011000040003	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 135 HP 9-26 Ton		hm	1.0000	0.0267	155.07	4.14
0301100008	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOP 111-130 HP 9-11 Ton		hm	1.0000	0.0267	205.67	5.49
03013900020004	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 105 HP 10-16"		hm	1.0000	0.0267	138.81	3.71
							13.51

Fuente: Expediente Técnico Mejoramiento de la carretera Departamental LA-107 Punto Cuatro – Ferreñafe. Provias descentralizado – MTC.

Tabla 22: Análisis de precios unitarios de concreto asfáltico en frío con emulsión asfáltica.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA : **CONSTRUCCION DE LOS PUENTES SAN ROQUE Y SAN PABLO Y SUS ACCESOS**
UBICACIÓN : **PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE - LAMBAYEQUE**

Partida **01.05.07 CARPETA ASFALTICA EN FRIO**

Rendimiento m2/DIA MO. **300.0000** EQ. **300.0000** Costo unitario directo por : m3 **450.39**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.026667	23.18	0.62
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.026667	17.83	0.48
0101010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.053333	14.96	0.80
0101010006	PEON	hh	6.0000	0.160000	13.46	2.15
						4.05
	Materiales					
02010500050007	MORTERO ASFALTICO EN FRIO	m3		1.300000	333.12	433.06
						433.06
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% m.o		5.000000	0.2025	1.0125
03011000040003	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9-26 TN	hm	1.0000	0.026667	155.00	4.13
0301100008	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 111 - 130 HP 9-11 TN	hm	1.0000	0.026667	205.00	5.47
03013900020004	PAVIMENTADORA	hm	1.0000	0.026667	138.00	3.68
						13.28

Fuente: Expediente Técnico Construcción de los Puentes San Roque y San Pablo y sus accesos – Provias descentralizado – MTC.

Finalmente se presenta una tabla resumen con los precios unitarios para cada partida, y la diferencia entre ambas.

Tabla 23: Cuadro comparación de análisis de precios unitarios.

Partida	Unidad	Precio Unitario	Porcentaje %
Carpeta asfáltica en frío	m3	S/.450.39	83.88
Pavimento de concreto asfáltico en caliente	m3	S/.536.93	100.00
	Diferencia	**S/.86.54**	**16.12 %**

Elaboración: El autor de la tesis.

CAPITULO 7. DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos para la emulsión asfáltica CQS-1HP, se afirma que cumple con todos los requisitos exigidos por el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG-2013, como se aprecia en la Tabla N° 19, el cual avala que dicho material cumplirá de manera óptima en cuanto a su función y desempeño en el Mortero Asfáltico CQS-1HP, como alternativa de solución a los problemas existentes en la Carretera Lucma - 09 de Octubre. Así mismo el tipo de granulometría elegida para la carretera de acuerdo a sus características, para esta investigación Tipo II, también cumple con los requisitos exigidos por el Manual de Carreteras.

Del mismo modo el Mortero Asfáltico CQS-1HP, cumple de manera satisfactoria todos los requerimientos que exige el Manual de Carreteras, como se aprecia en la Tabla N° 20, para que de esta manera sea posible su aplicación obteniendo resultados favorables a favor de la Carretera Lucma - 09 de Octubre.

Con respecto a las guías de observación se interpreta lo siguiente, que todo el tramo en estudio es una carretera a nivel de afirmado como se aprecia en la Figura N° 30.

De acuerdo a la Figura N° 31, la patología con mayor incidencia (34%) durante todo el tramo, es la presencia de polvo, el cual durante el recorrido se pudo apreciar que dicho problema es el principal motivo por el cual se planteó como alternativa la aplicación del mortero asfáltico CQS-1HP, en segunda instancia se encuentran los tipos de deterioros de ahuellamiento y desgaste de la superficie de afirmado, con una incidencia de 22% cada uno, y por último con un 11% se encuentran la erosión generado mayormente por el mal sistema de drenaje, y finalmente con respecto a otros tipos de deterioros, dentro de los cuales están los baches, huecos , etc que presentan menor incidencia, pero son de gran magnitud que afecta de manera directa a la transitabilidad.

De la Figura N° 32, se observa que el nivel de deterioro de las patologías existentes en la carretera, se encuentran en un nivel Fuerte con 63%, siendo propensa a convertirse a un 100% si es que no se le da una solución adecuada y de manera eficaz, caso contrario traería grandes problemas para los usuarios y población adyacente que se ve beneficiada con dicha carretera.

En la Figura N° 33, se interpreta que a lo largo del todo el tramo de la carretea Lucma – 09 de Octubre la condición actual del pavimento es Regular, siendo representado por un 75%

en donde ciertos tramos las patologías existentes son muy pronunciadas, siendo la solución en este caso la aplicación del Mortero Asfáltico CQS-1HP. Por el otro lado se presenta una condición de pavimento en un mal estado con un 25%, el cual se viene atenuando si es que no se le da una solución inmediata.

Sobre la Figura N° 34, se interpreta que el efecto con mayor incidencia (60%) debido al mal estado de los pavimentos, son los problemas respiratorios que afecta directamente a la población debido a la gran presencia de polvo, el cual es la principal patología que se encuentra en la carretera, del mismo modo dicha patología al encontrarse en el ambiente, genera la poca visibilidad de los usuarios que diario transitan en la vía, generando accidentes, siendo representados con un 13%. Otro efecto generado por el mal estado de los pavimentos es la pérdida de tiempo con un 7%, debido a los baches y huecos presentes en la carretera, genera que lo vehículos reduzcan la velocidad.

Con respecto a la Figura N° 35, se asevera que los deterioros existentes en la carretera afectan mucho al tránsito vehicular con un 87%, debido a la incomodidad que genera en el usuario y se ve reflejado en la pérdida de tiempo que demora trasladarse de un lugar a otro. Además siendo ésta el único medio de acceso para los pobladores de Lucma y 09 de Octubre, se optó por la emulsión asfáltica CQS-1HP, que se ejecuta en menor tiempo, con una apertura rápida al tráfico vehicular, para que de esta manera la población no se vea afectada, por el cierre de la vía por los trabajos realizados para el mantenimiento.

De acuerdo a la Figura N° 36, se interpreta que la principal causa del mal estado de la carretera Lucma – 09 de Octubre, con un 64% es la falta de mantenimiento, generando las patologías ya mencionadas anteriormente. Debido a esta realidad existente es que se plantea como solución a la aplicación de mortero asfáltico CQS-1HP. Por otro lado el 36% es generado por la circulación de vehículos no permitidos, esto se debe a que al momento de aperturar la carretera en su inicio a nivel de afirmado, diferentes vehículos no permitidos usaban dicho camino para realizar rutas con menor tiempo, ya que se encontraba en optimo estado.

De la tabla N°23 Cuadro comparativo de precios unitarios, se interpreta que a condiciones técnicas similares como el espesor (e=2.5’’), diseño geométrico, ubicación entre los precios unitarios del pavimento de concreto asfáltico en caliente y el mortero asfáltico en frio, se observa que el pavimento de concreto asfáltico en frío con emulsión asfáltica, tiene un costo inferior con respecto al asfalto en caliente, siendo esta diferencia de S/ 86.54, por lo cual se lograría un ahorro de 16.12%.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el Mortero Asfáltico influye de manera positiva para el mejoramiento de transitabilidad de la Carretera Lucma - 09 de Octubre, mejorando la calidad de vida de los pobladores de la zona de influencia.

2. Se cumplió a cabalidad con todos los requisitos exigidos por el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas, Generales para Construcción EG-2013, para el diseño de la emulsión y el mortero asfáltico.

3. Se concluye que el uso de Morteros Asfálticos reduce el costo de inversión en un 16.12% con respecto a un pavimento asfáltico en caliente, en condiciones similares, con el cual concluimos que el uso de las emulsiones asfálticas en los pavimentos de las carreteras son económicas, siendo su uso a nivel de mejoramiento y mantenimiento, debido al bajo costo de la emulsión asfáltica, además de su fácil aplicación y preparación a pie de obra.

4. Mediante la aplicación de Mortero Asfaltico a la Carretera Lucma - 09 de Octubre, se logró dar una mejor durabilidad a la superficie de rodadura, y al mismo tiempo prolongar el tiempo de vida útil de la carretera en mención, al cumplir ésta, el diseño planteado, en concordancia con los requerimientos de diseño, exigidos por el Manual de Carreteras del MTC (EG-2013)

5. Al existir una superficie de rodadura uniforme, con buenas condiciones de transitabilidad, seguridad y confort con la colocación de la emulsión asfáltica, existirá un incremento de tránsito vehicular debido a que ya no habrán deterioros en la vía, que de acuerdo a la guía de observación la patología con mayor incidencia, es la presencia de polvo. Teniendo un efecto al usuario de manera positiva, logrando llegar a su destino en menor tiempo.

RECOMENDACIONES

1. La preparación de la mezcla tiene considerable influencia en los resultados de laboratorio. Si no se toma extremo cuidado en la preparación de las muestras, se puede producir la segregación de los agregados.

2. Para que el tendido del material in situ sea óptimo, se debe realizar un tramo de prueba; de igual manera hay que revisar que la máquina pavimentadora se encuentre calibrada.

3. Se debe aplicar estos tipos de Morteros Asfálticos en distintas carreteras que presenten deterioros similares a la carretera Lucma - 09 de Octubre, debido que la inversión económica es menor en comparación a otros métodos.

4. Que las autoridades y profesionales comprometidos en la toma de decisiones en la inversión publica para pavimentación de carreteras, tomen en cuenta este trabajo, ya que el tiempo de ejecución del mortero asfáltico es mucho menor que otras técnicas, por sus rendimientos elevados, lo que hace que la inversión sea mucho menor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acaceres. (2010). acaceres. Recuperado el 9 de septiembre de 2016, de acaceres: http://www.acaceres.addr.com/student_access/Agregados.pdf

Álvarez Dueñas, B. (2011). Uso de los Morteros Asfálticos en Vías: Colocación del mortero asfáltico Slurry Seal en la vía La Armenia – Pacto tramo Gualea . Quito.

Amaya León, L. F. (2015). Estudio de tratamiento superficial Slurry Seal para conservación de pavimentos flexibles incorporando gravas finas para mejorar características de textura superficial. Bogota: ACA. Pregrado Civil.

ARANDA GUERRERO, C. O. (2010). DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DE MICROREVESTIMIENTO DEL TRAMO 02 DEL EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE: RIOJA - TARAPOTO . Lima: Universidad Ricardo Palma.

BARRIONUEVO ALDAZ, L. G. (2012). DISEÑO DEL MICROPAVIMENTO UTILIZANDO EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO, CON AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA CALAGUA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, PROVINCIA DE BOLÍVAR. . QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

Barrionuevo Aldaz, L. G. (2012). Diseño del Micropavimento utilizando emulsion asfaltica modificada con polimero, con agregadoprocedente de la cantera Calagua de la ciudad de San Miguel, provincia de Bolivar. Quito, Ecuador.

Calle, R. (2007). Mejoramiento del Aeródromo de Puerto Esperanza. Arena – Emulsión. Lima: http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/143.

CARRARO, J J, & CINGOLANI, L. (1997-10). COMO SOLUCIONAR EN FORMA RAPIDA Y ECONOMICA LAS DEFORMACIONES, HUELLAS CAUSADAS POR LAS CARGAS EN LAS RUTAS DE NUESTRO PAIS. Buenos Aires - Argentina: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Castiblanco, J. W. (2015). USO DE MICROPAVIMENTO PARA ADECUACIÓN DE VÍAS MUNICIPALES.. . Bogota: Universidad Militar Nueva Granada .

civil, A. (novembre de 2012). blogger. Recuperado el 9 de Septiembre de 2016, de blogger: http://asfaltoingenieriacivil.blogspot.pe/2012/11/composicion-quimica-y-fisica-del-asfalto.html

comerio, d. e. (13 de noviembre de 2015). diario el comercio . Obtenido de comercio.pe/economia/peru/reconocen-cosapi-nueva-sede-banco-nacion-noticia-1856086

COYAGO VEGA, M. (2015). "Evaluacion de un tratamiento superficial bituminoso con emulsion asfaltica como alternativa de mantenimiento en vias arteriales de Ecuador. . Quito.

David, A. (2000). PAVIMENTO MICROAGLOERADO EN FRIO. asuncion.

Davila, L. (2001). E Autor - d.yimg.com. Obtenido de litomdt@gmail.com , litomdt@yahoo.com , litomdt@hotmail.com.

EcuRed. (s.f.). EcuRed. Obtenido de EcuRed: http://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana

Fajardo, L. (10 de Junio de 2015). BBC. MUNDO. Obtenido de BBC. MUNDO: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150609_economia_mejores_peores_carreteras_lf

Figueroa Infanate, A. S., Gonzalez Garcia, L. S., Osorio Torres, C., Ramos Niño, G. A., & Alberto Sanchez, J. (2006). Mejoramiento de granulares de desecho de la cantera Vista Hermosa con emulsiones asfálticas modificadas. Epsilon Revista de las facultades de Ingenieria, 15-27.

GOYAGO VEGA, G. M. (2015). "EVALUACION DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO CON EMULSION ASFALTICA COMO ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO EN VIAS ARTERIALES DEL ECUADOR". Quito.

Hernandez Mendoza, A. (2010). Ingenieria. Recuperado el 9 de septiembre de 2016, de Ingenieria: http://www.ingenieria.unam.mx/herescas/papime/alumnos_herecas/Materiales/PO-Tema4.7-Materiales%20Asfalticos_S2006-2_Presentacion.pdf

Nuñez, P. (2013). MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE PAVIMENTOS CON CEMENTOS ASFÁLTICOS . Quito: Universidad Central del Ecuador.

PONTON, C., & Barrionuevo A, L. (2012). Diseño del micropavimento utilizando emulsión asfáltica modificada con polímero con agregado procedente de la Cantera Calagua de la Ciudad de San Miguel, Provincia de Bolívar. Tesis. Quito.

QuimicaLatinoamericana. (s.f.). Quimica , Latinoamericana. Recuperado el 01 de Septiembre de 2016, de Quimica , Latinoamericana: http://www.quimicalatinoamericana.cl/index.php/emulsiones-asfalticas

quimicalatinoamericana. (s.f.). www.quimicalatinoamericana.cl. Obtenido de www.quimicalatinoamericana.cl/images/laboratorio/.../CQS-1h.pdf.

Ramirez Gutierres, A. (2003). La geogrilla de vdrio en el marco de la mecanica de materiales, como alternativa para la reparacion de pavimentos. . Lima.

RODRÍGUEZ, E. (ENERO 2012). BIMBIMBIM-4D: El tiempo añadido al modelado 4D: El tiempo añadido al modelado 4D: El tiempo añadido al modelado 4D: El tiempo añadido al modelado 4D: El tiempo añadido al modelado 4D: El tiempo añadido al modelado 4D: El tiempo añadido al modelado 4D: El . 5.

Rolando Franco, F. E. (2002). Estudio comparativo entre mezclas asfalticas con diluidos RC-250 Y emulsion. Piura.

Rolando, F. (2002). "Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido RC-250 y emulsión" . Piura: Pirhua.

RPP, N. (27 de Agosto de 2012). RPPNOTICIAS. Recuperado el 01 de Septiembre de 2016, de RPP NOTICIAS: http://rpp.pe/lima/actualidad/pistas-en-mal-estado-contribuyen-al-caos-vehicular-en-lima-noticia-398486

S.A.C., B. d.–B. (Mayo de 2013). www.bituper.com. Obtenido de http://www.bituper.com/media/file/seccion/Ficha_T%C3%A9cnica._CQS-1HP-_2013_.pdf.

Salgado Bocaz, C. (2008). Diseño de Base tratada de Escoria de Vanadio con Asfalto espumado para Caminos Básicos. concepcion.

Salinas Reto, P. I. (2009). Aplicacion de MIcropavimento usando asfalto Modificado con polimero en la via Sullana- Aguas Verdes. Piura.

Salinas, P. (2009). "Aplicación de micropavimento usando asfalto modificado con polímero en la vía Sullana–Aguas Verdes". Piura: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura.

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_130_181_83_1179.pdf.

ANEXOS

ANEXO N° 01. CERTIFICADO DE CALIDAD DE EMULSION ASFALTICA CQS-1HP

Figura 37: Certificado de Control de Calidad de Emulsión CQS-1HP

BITUPER S.A.C.

CONTROL DE CALIDAD DE LA EMULSION

Cliente : SR. Cesar MENDOZA
Obra : Carretera 09 de Octubre - Lucma
Producto : Emulsión Asfáltica CQS-1hP
Fecha : Octubre - 2016

CARACTERÍSTICAS ANALIZADAS			
Ensayo	Resultado	Especificación NTP 321.141	Método
1. Residuo Asfaltico, %	60.4	60.0 mín.	ASTM D-244
2. Carga de partícula	+	Positivo	ASTM D-244
3. Viscosidad Saybolt furol @ 25 °C, SSF	20.6	20 - 100	ASTM D-244
4. Tamizado (retenido en la malla N° 20), %	0.02	0.1 Máx.	ASTM D-244
5. Sedimentación a 7 dias, %	3.0	5.0 Máx.	ASTM D-244

PRUEBAS SOBRE EL RESIDUO			
6. Penetración, 25°C, 100 g, 5 s, 0.1 mm	59.0	50 - 90	ASTM D-5
7. Punto de Ablandamiento, °C	58.0	Mín. 55	ASTM D-36
8. Ductilidad a 5ºC, 5cm/min, cm	11.0	Mín. 10	ASTM D-113
9. Recuperación Elástica por torsión a 25 °C, cm	24.0	Mín. 12	NLT-329

SUPERVISIÓN DE LABORATORIO ING. CALCIIIA Z BITUPER S.A.C.

BITUPER S.A.C.
TEC. ROY SAIRA ROQUE
Jefe de Laboratorio Central

BITUPER S.A.C.
TEC. LUIS PRADO CCACCYA
Laboratorio Central

Bitúmenes del Peru S.A.C
Oficina: Av. Del Pinar 152 - Of. 1005 - Chacarilla del Estanque - Surco - Lima 33 - Perú • Tlfs: (511) 3727601/05
Calle Las Mimosas Mz G-1 Lt 26-A Urb. La Capitana Lurigancho - Chosica Lima 15 • Tlfs: (511) 7175055 / 7175168
• www.bituper.com • laboratorio@bituper.com

Fuente: Reporte de Laboratorio BITUPER SAC.

ANEXO N° 02. DOSIFICACION Y DISEÑO DE MORTERO ASFÁLTICO CQS-1HP

Figura 38: Certificado de Diseño y Dosificación del Mortero Asfáltico CQS-1HP

BITUPER S.A.C.

REPORTE DE LABORATORIO

HOJA RESUMEN

DISEÑO Y DOSIFICACION

Solicitante : Cesar Mendoza

Cantera : Arena Chancada Pasante malla N°4 - Cantera Desvio Casca
Gravilla Pasante malla 3/8" - Cantera Desvio Casca

Ubicación de Obra : La Libertad

Fecha : Octubre-2016

EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA

Tipo de Construcción : Mortero Asfaltico Tipo I

Tipo de Emulsión : Cationica de Rotura Controlada con Polímeros, CQS-1hp

Fórmula de la Emulsión : 62056201251151-044

PROPORCION EN VOLUMEN		
Arena Chancada Pasante malla N°4 - Cantera Desvio Casca	65.5	% en Volumen
Gravilla Pasante malla 3/8" - Cantera Desvio Casca	34.5	% en Volumen
Filler (Cemento Portland tipo I)	0.5	% en Volumen
PROPORCION EN PESO		
Arena Chancada Pasante malla N°4 - Cantera Desvio Casca	70.0	%
Gravilla Pasante malla 3/8" - Cantera Desvio Casca	30.0	%
Filler (Cemento Portland tipo I)	0.5	%
DOSIFICACION DE MORTERO ASFALTICO		
Emulsión	59.2	gal/m³
Agua de Recubrimiento	52.7	gal/m³
Filler (Cemento Portland tipo I)	8.3	Kg/m³
Aditivo I a 28°C	2.0	gal/m³
Aditivo I a 33°C	3.9	gal/m³

PRUEBAS REALIZADAS AL MORTERO ASFALTICO ISSA A 143 REVISADO 2010			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
ABRASION (WTAT)	ISSA TB 100	430.0	807 g/m², Máximo
RUEDA CARGADA (LWT)	ISSA TB 109	325.0	538 g/m², Máximo
TIEMPO DE MEZCLADO	ISSA TB 113	135	120 s , Mínimo
COMPATIBILIDAD			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACION
WET STRIPPING	ISSA TB 114	99	90 % , Mínimo
COHESION			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
COHESION A 30 minutos - 28°C	ISSA TB 139	13	12 kg- cm , Mínimo
COHESION A 60minutos - 28°C	ISSA TB 139	20	20 kg- cm , Mínimo
COHESION			
ENSAYO	MÉTODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
COHESION A 30 minutos - 33°C	ISSA TB 139	14	12 kg- cm , Mínimo
COHESION A 60 minutos - 33°C	ISSA TB 139	24	20 kg- cm , Mínimo

SUPERVISIÓN DE LABORATORIO
ING. C. CALCINA Z.
BITUPER S.A.C.

BITUPER S.A.C.
TEC. ROY SAIRA ROQUE
Jefe de Laboratorio Central

BITUPER S.A.C.
TEC. GERSON SANDOVAL SALCEDO
Laboratorio Central

Bitúmenes del Peru S.A.C
Oficina:Av.Del Pinar 152 -Of.1005 - Chacarilla del Estanque - Surco - Lima33 - Perú •Tlfs:(511) 3727601/05
Calle Las Mimosas Mz G-1 Lt 26-A Urb. La Capitana Lurigancho -Chosica Lima15 •Tlfs:(511) 7175055 / 7175168
• www.bituper.com • laboratorio@bituper.com

BITUPER S.A.C.

MUESTRA No. : Combinacion de Agregado

FECHA : Octubre - 2016

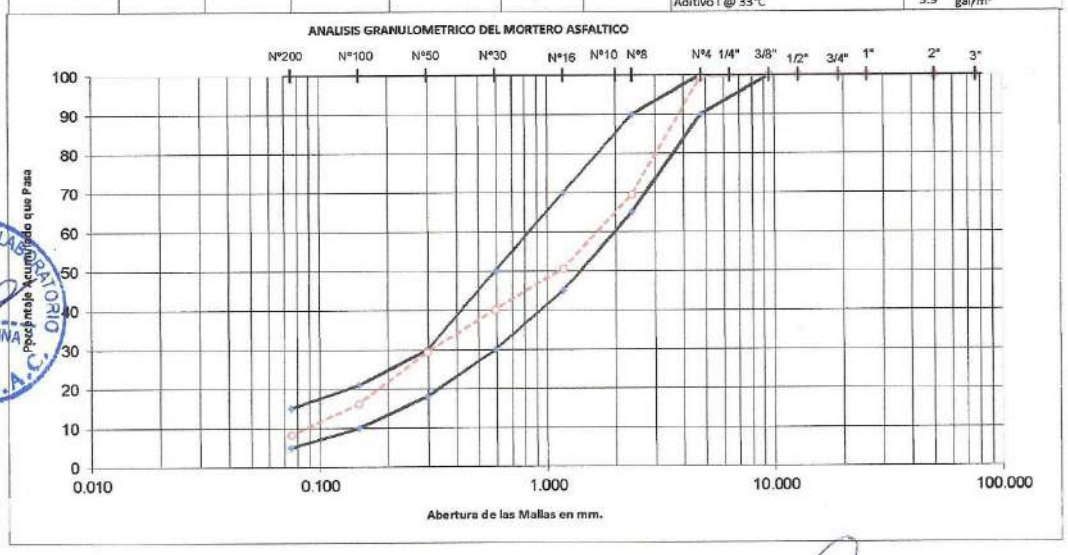
CANTERA Desvio Casca - Baños Chimu Km 8+300

UBICACION La Libertad

ING° RESPONSABLE Guido Calcina Z.

Abertura en mm.	Tamiz ASTM	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones TIPO II	
76.200	3"	0.0	0.0	100.00		
50.000	2"	0.0	0.0	100.00		
25.400	1"	0.0	0.0	100.00		
19.000	3/4"	0.0	0.0	100.00		
12.700	1/2"	0.0	0.0	100.00		
9.500	3/8"	0.0	0.0	100.00	100	100
4.750	No.4	0.5	0.5	99.51	90	100
2.360	No.8	30.1	30.6	69.43	65	90
1.180	N° 16	18.8	49.3	50.67	45	70
0.590	N° 30	10.5	59.9	40.12	30	50
0.297	N° 50	10.7	70.6	29.41	18	30
0.149	N° 100	13.3	83.9	16.13	10	21
0.075	N° 200	7.8	91.7	8.31	5	15
	< 200	8.3	100.0	0.0		

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :		
CARACTERISTICA AGREGADO PARA MORTERO ASFALTICO		
P.U.S.S	1662	kg/m³
Equivalente de Arena	69.3	%
Azul de Metileno	15.0	mg/g
DOSIFICACION PARA MORTERO ASFALTICO		
% Respecto al Peso Agregado Seco		
Emulsion	13.5	%
Agua de Recubrimiento	12.0	%
Filler (Cemento Portland Tipo I)	0.5	%
Aditivo I @ 28°C	0.5	%
Aditivo I @ 33°C	1.0	%
Respecto al m3 de Agregado Seco:		
Emulsion	59.2	gal/m³
Agua de Recubrimiento	52.7	gal/m³
Filler (Cemento Portland Tipo I)	8.3	kg/m³
Aditivo I @ 28°C	2.0	gal/m³
Aditivo I @ 33°C	3.9	gal/m³



SUPERVISIÓN DE LABORATORIO ING. G. CALCINA BITUPER S.A.C.

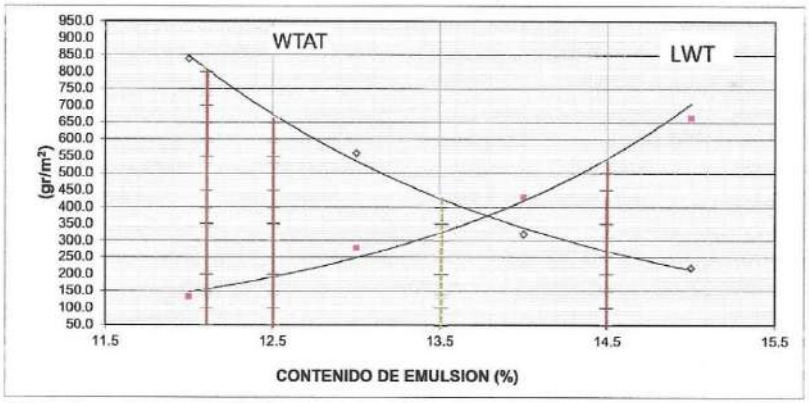
BITUPER S.A.C.

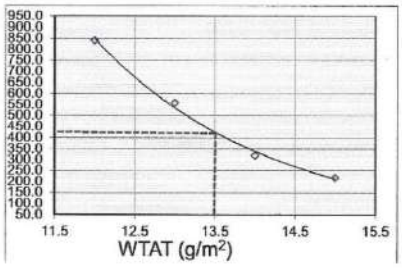
TEC. GERSON SANDOVAL SALCEDO
Laboratorio Central

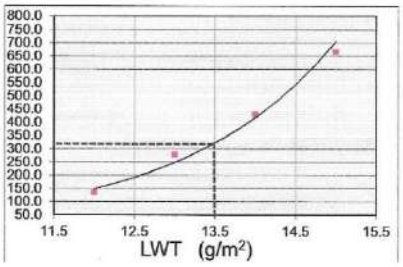
BITUPER S.A.C.

CONTENIDO DE EMULSION	WTAT (g/m²)
12	839.6
13	558.3
14	319.0
15	218.3

CONTENIDO DE EMULSION	LWT (g/m²)
12	134.8
13	278.6
14	431.3
15	664.9







SUPERVISIÓN DE LABORATORIO
ING. G. CALCINA Z.
BITUPER S.A.C.

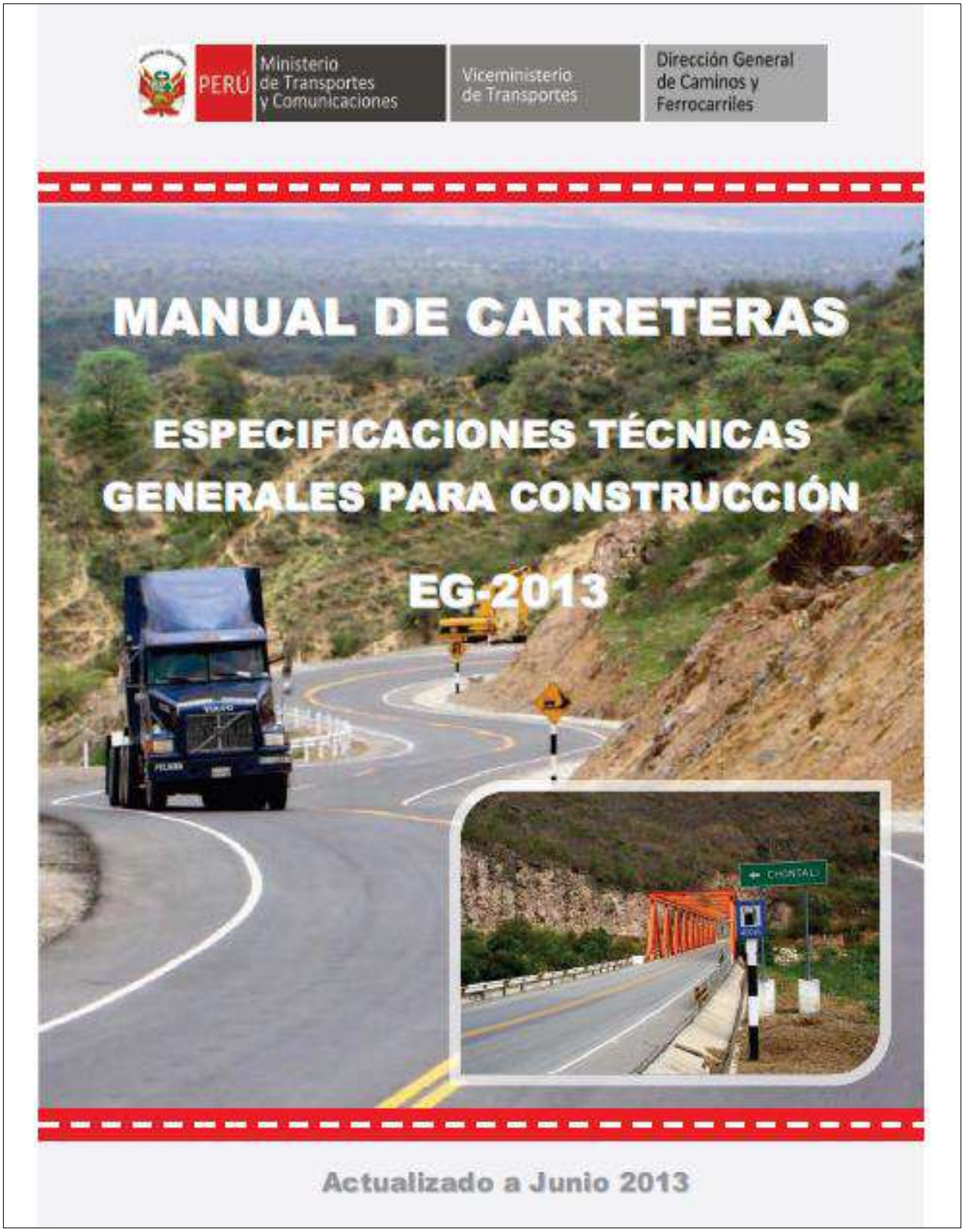
BITUPER S.A.C.
TEC. GERSON SANDOVAL SALCEDO
Laboratorio Central

Bitúmenes del Peru S.A.C
Oficina: Av. Del Pinar 152 - Of. 1005 - Chacarilla del Estanque - Surco - Lima 33 - Perú • Tlfs: (511) 3727601/05
Calle Las Mimosas Mz G-1 Lt 26-A Urb. La Capitana Lurigancho - Chosica Lima 15 • Tlfs: (511) 7175055 / 7175168
• www.bituper.com • laboratorio@bituper.com

Fuente: Reporte de Laboratorio BITUPER SAC.

ANEXO N°03. MANUAL DE CARRETERAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN (EG-2013)

Figura 39: Manual de Carreteras – MTC



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

ANEXO N°04. MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES- MTC 2016

Figura 40: Manual de Ensayos – MTC 2016

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

ANEXO N°05. PANEL FOTOGRÁFICO

RECONOCIMENTO DE LA CARRETERA 09 DE OCTUBRE – LUCMA

Figura 41: Visita de campo a la carretera Lucma - 09 de Octubre.

Elaboración: El autor de la tesis.

Figura 42: Identificación de la zona de estudio

Elaboración: El autor de la tesis.

PATOLOGIAS EXISTENTES EN LA CARRETERA LUCMA - 09 DE OCTUBRE

Figura 43: Presencia de polvo afectando la flora de la zona

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 44: Acumulación de polvo a los bordes de la carretera Lucma - 09 de Octubre.

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 45: Desgaste de la superficie de la carretera Lucma - 09 de Octubre.

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 46: Ahuellamientos pronunciados en la carretera Lucma - 09 de Octubre.

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 47: Desprendimiento de material pétreo en la carretera Lucma - 09 de Octubre.

***Elaboración**: El autor de la tesis*

Figura 48: Pérdida de finos en la carretera Lucma - 09 de Octubre.

Elaboración: El autor de la tesis

EMULSION ASFÁLTICA CQS-1HP

Figura 49: Emulsión asfáltica CQS-1HP

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 50: Emulsión asfáltica CQS-1HP

Elaboración: El autor de la tesis

EXPERIENCIAS DE OBRAS SIMILARES APLICANDO MORTERO

ASFALTICO CQS-1HP

"MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA CARRETERA RUTA N° LI-106, TRAMO: EMP. PE-1N F (EL CRUCE) – PTE. JOLLUCO – EL TAMBO – PTE. PINCHADAY – BAÑOS CHIMÚ.

Figura 51: Imprimación

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 52: Colocación de Mortero Asfáltico CQS-1HP con camión Micropavimentador

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 53: Acabado final de la Carretera

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 54: Inicio de carretera división Cascas – Baños Chimu

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 55: Vista de tramo de carretera Div. Cascas – Baños Chimú, margen derecho rio Chicama.

Elaboración: El autor de la tesis

Figura 56: Tramo Km 5+000 de la carretera Div. Cascas – Baños Chimú

Elaboración: El autor de la tesis

ANEXO N° 06. MODELO GUIA DE OBSERVACION.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TRAMO 09 DE OCTUBRE – LUCMA, DISTRITO DE GRAN CHIMÚ, 2016

Autor:

- Cesar Mendoza Quispe

19. DATOS INFORMATIVOS:

19.1. Nombre del investigador:

19.2. Ubicación:

19.3. Fecha de la Observación:

19.4. Hora de la observación:

20. DATOS ESPECÍFICOS:

20.1. Tipo de pavimento:

☐ Flexible ☐ Rígido ☐ Afirmado

20.2. Tipo de deterioro:

☐ Ahuellamientos ☐ Desgaste ☐ Erosión ☐ Presencia de polvo

☐ Otros deterioros

20.3. Nivel de deterioro:

☐ Ligero ☐ Medio ☐ Fuerte

20.4. Condición del pavimento:

☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo

20.5. Efectos que genera el mal estado de los pavimentos:

☐ Enfermedades Respiratorias ☐ Pérdida de tiempo ☐ Accidentes ☐ Otros

20.6. ¿Cuánto afecta los deterioros el tránsito vehicular?:

☐ Mucho ☐ Poco ☐ Nada

20.7. Causas del mal estado de los pavimentos y sus deterioros:

☐ Falta de mantenimiento ☐ Circulación de vehículos no permitidos

☐ Uso de materiales de baja calidad para su construcción ☐ Otros