

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

SECCIÓN DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN



“DISMINUCIÓN DE EMISIÓN DE CO₂, EN LA HABILITACIÓN DE VÍAS DE BAJO TRÁNSITO, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL), EN COMPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO)”

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Ing. MARCO ANTONIO DEL PINO AVILA

ASESOR:

Dr. Cs. Ing. JOSÉ CARLOS MATÍAS LEÓN

**LIMA, PERÚ
2014**

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico, con mucho Amor y cariño a mis padres por su apoyo moral constante que me brindan para seguir adelante y a la persona especial que me apoyo incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a **DIOS** y a mis padres y mi hermano por el cariño incondicional que me dan.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | IV |
| ÍNDICE DE CUADROS | VI |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS | VII |
| RESUMEN EJECUTIVO..... | VIII |
| EXECUTIVE SUMMARY | X |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I..... | 3 |
| 1.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICAS..... | 3 |
| 1.2 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA..... | 4 |
| 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 8 |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE INVESTIGACIÓN..... | 8 |
| 1.5 OBJETIVOS | 8 |
| 1.6 HIPÓTESIS | 9 |
| 1.7 VARIABLE E INDICADORES..... | 9 |
| 1.8 UNIDAD DE ANÁLISIS | 10 |
| 1.9 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN..... | 10 |
| 1.10 PERIODO DE ANÁLISIS..... | 11 |
| 1.11 FUENTES DE INFORMACIÓN E INSTRUMENTOS UTILIZADOS | 11 |
| 1.12 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE DATOS..... | 12 |
| CAPITULO II..... | 15 |
| 2.1 MARCO TEÓRICO..... | 15 |
| 2.1.1 Generalidades | 15 |
| 2.1.2 Emulsión Asfáltica..... | 16 |
| 2.1.2.1 Características y Clasificación de las Emulsiones Asfálticas | 17 |
| 2.1.2.2 Ventajas del uso de emulsiones asfálticas sobre los asfaltos diluidos y mezclas en caliente..... | 19 |
| 2.1.3 Mortero Asfáltico (Slurry Seal)..... | 20 |
| 2.1.3.1 Obtención de Datos Mortero Asfáltico (Slurry Seal) | 20 |
| 2.1.3.2 Especificaciones Técnicas..... | 22 |
| 2.1.3.3 Elementos que Componen el Diseño del Slurry Seal | 23 |
| 2.1.3.4 Parámetros de Aplicación de Mortero Asfáltico (Slurry Seal)..... | 26 |
| 2.1.4 Carpeta Asfáltica (Caliente)..... | 26 |
| 2.1.4.1 Densidad..... | 27 |
| 2.1.4.2 Componentes de la Mezcla | 27 |
| 2.1.4.3 Composición de la Mezcla | 28 |
| 2.1.4.4 Proceso de aplicación | 29 |
| 2.2 MARCO CONCEPTUAL..... | 31 |
| 2.3 MARCO LEGAL..... | 36 |
| CAPITULO III..... | 37 |
| 3.1 DESARROLLO DEL TRABAJO DE LA TESIS | 37 |
| 3.1.1 Localización | 37 |
| 3.1.2 Distancias de los Tramos | 38 |
| 3.1.3 Descripción del Área de Estudio..... | 40 |
| 3.1.3.1 Ubicación y Ámbito de Estudio | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.3.2 Aspectos Sociales y Geográficos Generales..... | 41 |
| 3.1.4 Datos Generales | 47 |
| 3.1.5 Cálculo de la Cantidad de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) a Emplear..... | 49 |
| 3.1.6 Cálculo de D-2 Requerido por el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) para su Aplicación..... | 50 |
| 3.1.7 Cálculo de la cantidad de combustible a emplear para calentar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal). | 52 |
| 3.1.8 Cálculo de la cantidad de CO ₂ generado por calentar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) empleando como combustible petróleo | 53 |
| 3.1.9 Cálculo de la cantidad de CO ₂ generado por calentar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) con petróleo en un período de 10 años | 55 |
| 3.1.10 Cálculo de Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) a emplear | 56 |
| 3.1.11 Cálculo del calor que requiere la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) para ser aplicado..... | 57 |
| 3.1.12 Cálculo de la cantidad de combustible a emplear para calentar la Carpeta Asfáltica | 58 |
| 3.1.13 Cálculo de la cantidad de CO ₂ generado por calentar la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) empleando como combustible D-2 | 59 |
| 3.1.14 Cálculo de la cantidad de CO ₂ generado por calentar la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) con D-2 en un período de 10 años | 60 |
| CAPITULO IV..... | 61 |
| 4.1 ANÁLISIS | 61 |
| 4.1.1 CUADROS COMPARATIVOS..... | 61 |
| 4.2 RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 68 |
| 4.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... | 68 |
| CONCLUSIONES | 69 |
| RECOMENDACIONES..... | 70 |
| BIBLIOGRAFÍA | 71 |
| ANEXOS..... | 73 |
| CERTIFICADO DE CALIDAD..... | 90 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|-----------|
| CUADRO N° 1 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES SEGÚN LA SEPARACIÓN DEL ASFALTO RESPECTO AL AGUA | 19 |
| CUADRO N° 2 MEZCLAS DE SLURRY SEAL..... | 23 |
| CUADRO N° 3 CARACTERIZACIÓN DE EMULSIONES SAL | 24 |
| CUADRO N° 4 ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA..... | 24 |
| CUADRO N° 5 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA..... | 25 |
| CUADRO N° 6 PARÁMETROS DE APLICACIÓN DEL SLURRY SEAL | 26 |
| CUADRO N° 7 DISTANCIAS POR TRAMOS Y TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA..... | 38 |
| CUADRO N° 8 ESTADO DE LA VÍA Y TIEMPOS DE RECORRIDO..... | 39 |
| CUADRO N° 9 PROVINCIAS Y DISTRITOS DEL ÁMBITO DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 40 |
| CUADRO N° 10 ÁREA DE CADA TRAMO DE CARRETERA..... | 48 |
| CUADRO N°11 CANTIDAD DE SLURRY SEAL A EMPLEAR (TON)..... | 49 |
| CUADRO N°12 EQUIPOS UTILIZADOS PARA COLOCACIÓN DEL SLURRY SEAL .. | 50 |
| CUADRO N°13 EQUIPOS UTILIZADOS PREPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN PLANTA | 51 |
| CUADRO N°14 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA COLOCACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO)..... | 51 |
| CUADRO N°15 CANTIDAD DE CALOR QUE REQUIERE SLURRY SEAL (CAL)..... | 52 |
| CUADRO N°16 CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE REQUIERE SLURRY SEAL (GR) | 53 |
| CUADRO N° 17 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ - SLURRY SEAL (GR)..... | 54 |
| CUADRO N° 18 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ – PERÍODO DE 10 AÑOS (GR)..... | 55 |
| CUADRO N° 19 CANTIDAD DE CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO) A EMPLEAR (TON)..... | 56 |
| CUADRO N° 20 CANTIDAD DE CALOR QUE REQUIERE LA CARPETA ASFÁLTICA (CAL) | 57 |
| CUADRO N° 21 CANTIDAD DE COMBUSTIBLE PARA CARPETA ASFÁLTICA (GR) | 58 |
| CUADRO N° 22 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ POR CARPETA ASFÁLTICA..... | 59 |
| CUADRO N° 23 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ POR LA CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO) – PERÍODO DE 10 AÑOS..... | 60 |
| CUADRO N° 24 CUADRO COMPARATIVO: SLURRY SEAL VS. CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO)..... | 62 |
| CUADRO N°25 RESULTADOS FINALES | 67 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| FIGURA N°1. PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO | 37 |
| GRAFICO N°1. CANTIDAD DE CALOR DE SLURRY SEAL VS. CANTIDAD DE CALOR DE LA CARPETA ASFÁLTICA | 63 |
| GRAFICO N°2. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DEL SLURRY SEAL VS. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DE CARPETA ASFÁLTICA | 64 |
| GRAFICO N°3. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR SLURRY SEAL VS. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR CARPETA ASFÁLTICA | 65 |
| GRAFICO N°4. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR SLURRY SEAL VS. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR CARPETA ASFÁLTICA, EN UN PERÍODO DE 10 AÑOS..... | 66 |
| GRAFICO N°5. RESULTADOS FINALES..... | 67 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio, consiste en determinar la cantidad porcentual de CO₂ emitida por el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y Carpeta asfáltica (cemento asfáltico), de tal manera evaluar cuantitativamente la emisión CO₂, que ambos productos emiten en el mejoramiento de vías de bajo tránsito teniendo en cuenta que el CO₂ genera alteraciones en la calidad natural del ambiente.

La carretera donde se desarrolló el estudio está ubicada en la región de Puno, específicamente entre “**JULIACA – HUANCANÉ - DV. HUANCANE - PUTINA - SANDIA - SAN IGNACIO**” las cuales se encuentran en la jurisdicción de **JULIACA** de la Provincia de San Román.

La metodología empleada en el estudio es de tipo cuantitativa porque permite examinar los datos de manera numérica y porque existe claridad entre los elementos del problema de investigación, a su vez es posible definirlo, limitarlo y saber exactamente donde se inicia el problema, en cual dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos.

Para el desarrollo de la investigación se hizo uso de fuentes primarias (información directa del área de estudio) y secundarias (información bibliográfica), teniendo en cuenta conceptos básicos de transferencia de calor, calor específico, masa, temperatura y estequiometría. Asimismo, todos los cálculos desarrollados, han sido basados en ecuaciones universales.

Los resultados finales indican que la diferencia de la emisión de CO₂ entre el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta asfáltica es bastante amplia, siendo mayor la generación de CO₂ por la aplicación de Carpeta asfáltica (cemento asfáltico) (97.4%) versus la aplicación de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) (2.6%), considerando un período de 10 años, de acuerdo a la recomendación del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, y teniendo en cuenta que el mantenimiento de carreteras con cemento asfáltico se realiza cada 10 años y cada 5 años en el caso del Mortero Asfáltico (Slurry Seal). Por ello, se considera que el uso del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) es un compuesto amigable con el medio ambiente, por lo que sería muy importante que se fomente su uso.

EXECUTIVE SUMMARY

The present study is to determine the percentage amount of CO₂ emitted by the asphalt mortar (Slurry Seal) and asphalt binder (asphalt cement), so quantitatively assess the CO₂ emission, both products emit in improving low-traffic roads considering that the CO₂ generated alterations in the natural quality of the environment.

The road where the study took place is located in the Puno region, specifically between "JULIACA - HUANCANÉ - DV. Huancané - PUTINA - SANDIA - SAN IGNACIO "which are in the jurisdiction of JULIACA of the Province of San Román.

The methodology used in the study is quantitative type that allows you to examine the data numerically and because there is clarity between elements of the research problem, in turn may define, limit and know exactly where the problem starts, which direction going and what kind of impact between its elements.

For the development of research made use of primary sources (direct information of the study area) and secondary (bibliographic information), considering basics of heat transfer, specific heat, mass, temperature and stoichiometry. Also, all calculations developed, have been based on universal equations.

The results indicated that the difference in CO₂ emissions between the asphalt mortar (Slurry Seal) and the asphalt layer is quite wide, being higher CO₂ generation by application of asphalt binder (asphalt cement) (97.4%) versus the Mortar application of asphalt (Slurry Seal) (2.6%), considering a period of 10 years, according to the recommendation of the Ministry of Transport and Communications, and considering that the maintenance of roads with asphalt cement is done every 10 years every 5 years in the case of asphalt mortar (Slurry Seal). Therefore, it is considered that the use of asphalt mortar (Slurry Seal) is a

friendly compound with the environment, so it would be very important that their use is encouraged.

INTRODUCCIÓN

La población de la ciudad de Puno se incrementa y con ellos crece la necesidad de comunicarse vía terrestre entre distritos, es por ello que se mejoran las vías de circulación lo que facilita el tránsito de sus pobladores y transporte de sus productos. Este incremento se ve reflejado en la construcción de carreteras pavimentadas, lo que demanda la utilización de materiales derivados de los hidrocarburos para el caso de la construcción de la rodaduras de la vías, incrementando la contaminación del aire por emisión de partículas, metales pesados, gases (NO_2 , CO_2 , HC). Los movimientos de tierra, tratamiento de materiales, producción de asfalto y el incremento de tráfico rodado, entre otros contribuyen notablemente en contaminación del mismo.

El componente más afectado por la alteración de la calidad del aire es el ser humano, porque afecta a la salud de los pobladores de zona en ejecución de la obra, lo que origina una compleja serie de consecuencias negativas para los diferentes sectores sociales y económicos de la zona, así como para el proyecto mismo, lo cual constituye un grave problema, ya que dichas partículas se van acumulando sin que los agentes naturales puedan estabilizar o destruir toda esa materia, debido a la velocidad con que ésta se genera.

Tomando en consideración la alta producción de lácteos, frutas y comercialización de diversos productos de la zona que se trasladan a las grandes ciudades como Juliaca y Puno, se requiere mantener las vías en buen estado: Esto debido a que la rehabilitación y mantenimiento genera contaminación ambiental en las vías de menor tránsito, principalmente en los Distritos de Sandia, Putina y Juliaca, lo que afecta a la salud de los pobladores que habitan en la zona. Por ello se consideró pertinente desarrollar una investigación que permita determinar la cantidad porcentual de la emisión de CO_2 en el ambiente aplicando el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) de tal manera se pueda contribuir en el cuidado de la capa de ozono.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el problema de investigación se sintetiza en la siguiente pregunta: **¿Cuál es la diferencia porcentual en la emisión de CO₂ que generan en entre el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico)?**

CAPITULO I.

1.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICAS

La Información relacionada al análisis planteado, en nuestro ámbito no existe. Por lo que, la información encontrada es referida a los conceptos y aplicaciones que describe cada elemento que generan emisiones de CO₂ al ambiente, específicamente en los derivados del petróleo (Mortero Asfáltico, Carpeta Asfáltica y otros), y dentro esta información se puede mencionar las siguientes:

Craig, J. R., Vaughan, D. J., & Skinner, B. J., (2007)¹, dicen que es evidente que la concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre está aumentando como consecuencia de la combustión de cantidades de combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo). La mayor parte del CO₂ añadido al atmósfera por la combustión de combustibles fósiles permanece en el ambiente, se cree que el nivel de CO₂ aumentará hasta aproximadamente 600 ppm en el año 2050. En la actualidad, no parecen existir alternativas realistas a la producción de energía por combustión de combustibles fósiles, y no hay métodos eficaces de limitar el aumento de los niveles de CO₂ en la atmósfera terrestre.

Soon, W. and Baliunas, L. (2004)², Los autores en su libro argumentan después de 1945 las concentraciones de CO₂ aumentaron significativamente, mientras las temperaturas comenzaron a disminuir. Esto significa una extrapolación del impacto del CO₂ en las temperaturas muy complicado. Esto ha indicado que los aumentos de temperatura causan un aumento en las concentraciones de CO₂ atmosféricos; y establecen que la contribución humana a las emisiones de CO₂ es relativamente pequeña, comparada con las fuentes naturales, como las erupciones volcánicas. Los humanos causan unos 8 billones de toneladas de emisiones de CO₂, mientras las emisiones naturales son tan grandes como 200 billones de toneladas anuales.

¹ Recursos de la tierra: Origen, uso e impacto ambiental. 3ª Edición. Madrid, España. PEARSON EDUCACIÓN S.A. PP 16 -17.

² Willie Soon and Sallie Baliunas. "Proxy climatic and environmental changes of the past 1000 years", Climate Research, Vol. 23 (January 31, 2003), PP. 89-110.

Larios M. José (2014, España.)³, hace un análisis en su boletín informativo que el dióxido de carbono contribuyó en casi un 80% al aumento del 34% experimentado por el forzamiento radiactivo de la atmósfera debido a los gases de efecto invernadero de larga duración entre 1990 y 2013. La cantidad de CO₂ en la atmósfera a escala mundial alcanzó 396,0 partes por millón (ppm)⁴ en 2013. El aumento de este gas en la atmósfera de 2012 a 2013 fue de 2,9 ppm⁴, que es el incremento anual más alto para el período de 1984 a 2013. Las concentraciones de CO₂ están sujetas a fluctuaciones estacionales y regionales. Si sigue creciendo al ritmo actual, se prevé que el promedio anual mundial de concentración de CO₂ supere el umbral simbólico de 400 ppm en 2015 o 2016.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Ministerio Economía y Finanzas, estima que al Perú le podría costar US\$10,000 millones hasta el año 2025 por efectos del cambio climático. La participación del Perú como causantes del calentamiento global es mínima, pero no por esto menos importante. Según el informe de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD, el Perú es responsable por cerca del 0,12% de las emisiones de CO₂ mundiales, uno de los gases de efecto invernadero que causa este calentamiento⁴.

Las emulsiones asfálticas constituyen la solución lógica y natural para poder poner en obra asfaltos a temperatura ambiente sin miedo a la presencia de humedad ni a los problemas que produce una mala adhesividad con los áridos. Las soluciones usadas en años anteriores, diluyendo ligantes con solventes derivados del petróleo, resultan en el momento actual anacrónicas tecnológicamente y onerosas por el despilfarro energético que representa aplicar inadecuadamente aquel componente ligero, cuyo destino final es la desaparición por volatilización.

³ BOLETÍN DE LA OMM: “**Sobre los Gases de Efecto Invernadero**” (PDF), fecha de acceso: 15 de septiembre de 2014, URL disponible en: <http://calentamientoglobalclima.org/category/emisiones/> y http://www.wmo.int/pages/documents/ghg-bulletin_10_es.pdf

⁴ BLOG DE PUCP: COSTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL PERÚ, URL disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/item/61364/costos-del-cambio-climatico-para-el-peru>, fecha de acceso: 13/10/2013

Es impensable usar mezclas en caliente en obras pequeñas y alejadas de las plantas de producción de asfalto y sería difícilmente justificable proyectar grandes volúmenes de mezclas en frío concentradas y en zonas altamente equipadas con plantas asfálticas. En la mayor parte de los casos, ambas técnicas son complementarias, siendo peligroso e inadecuado hacer uso excesivo tanto de una como de otra.

En el Plano Nacional, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, ejecuta proyectos de rehabilitación y mantenimiento de las vías de bajo tránsito, estableciendo la colocación de la Carpeta Asfáltica y Slurry Seal, cuya producción y aplicación generan gran cantidad de dióxido de carbono (CO_2), contribuyendo al calentamiento global.

1.2.1 **Ámbito Internacional**

La nota de prensa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) publicado en Ginebra 9 de septiembre de 2014, manifiesta que el último análisis de las observaciones del programa de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VEG) de la OMM muestra que los promedios mundiales de las fracciones molares del CO_2 , el CH_4 y el N_2O alcanzaron nuevos máximos en 2013 al registrar, respectivamente, $396,0 \pm 0,1$ ppm⁵, $1\ 824 \pm 2$ ppb⁶ y $325,9 \pm 0,1$ ppb, lo que representa respectivamente el 142%, 253% y 121% de los niveles preindustriales (antes de 1750). El aumento de CO_2 en la atmósfera de 2012 a 2013 fue de $2,9$ ppm⁴, la variación interanual más importante entre 1984 y 2013. En cambio, el aumento de N_2O de 2012 a 2013 fue menor que el observado de 2011 a 2012, pero comparable a la tasa media de aumento de los últimos 10 años. El índice anual de gases de efecto invernadero de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) muestra que entre 1990 y 2013 el forzamiento radiactivo debido a los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de larga duración aumentó un 34%, al que el CO_2 contribuyó en casi un 80%.

⁵ ppm = número de moléculas de gas por millón de moléculas de aire seco.

⁶ ppb = número de moléculas de gas por mil millones (10^9) de moléculas de aire seco.

La VAG de la OMM se informa acerca de la concentración atmosférica y los índices de evolución de los principales GEI de larga duración (CO₂, CH₄ y N₂O) y se resumen las contribuciones de otros gases. Esos tres gases, junto con el CFC-12 y el CFC-11, contribuyen a aproximadamente un 96% ppb del forzamiento radiactivo por tratarse de GEI de larga duración.

De acuerdo con el **PROTOCOLO DE KIOTO**⁷, hace 12 años la situación climática del mundo y sus consecuencias en el desarrollo fueron analizadas con preocupación por líderes mundiales, científicos y académicos. En efecto, el 11 de Diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron en la ciudad de Kioto, Japón, a ejecutar un conjunto de medidas⁸ para reducir los gases de efecto invernadero.

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 20% desde 1990 hasta el 2020.

1.2.2 **Ámbito Nacional**

Según el **FONDO NACIONAL DE AMBIENTE – FONAMPERU**, aproximadamente 23 mil millones de toneladas de CO₂ son liberadas en la atmósfera anualmente; cerca del 97% de esta cantidad es emitida por los países industrializados, lo cual proviene de la quema de carbón, petróleo y gas para obtener energía (la deforestación es la segunda fuente de emisiones).

Uno de los aspectos en el que menos se ha avanzado, a pesar que se tienen regulaciones, es el control de emisión CO₂ a la atmósfera. Este aspecto, le

⁷ United Nations Framework Convention On Climate Change. **CARPETA DE INFORMACIÓN SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**. Documento PDF(s.f). Fecha de revisión: 25/03/14. URL disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/publications/infokit_2004_sp.pdf

⁸ Ello incluye las políticas y medidas adoptadas por las organizaciones regionales de integración económica.

corresponde al sector agricultura, a efecto de emitir normas específicas referentes a quemas e incendios; sin embargo, aún se continúa con esta práctica que deteriora ecosistemas frágiles y eleva las emisiones de CO₂.

El Estado peruano desde hace años ha emitido disposiciones referidas a la calidad ambiental, como los Estándares de Calidad Ambiental, los límites máximos permisibles, los EIAs, los PAMAs, la disminución CO₂, etc. y se cuenta con una amplia gama de leyes y dispositivos legales en asuntos ambientales. La falla está en dos campos: la aplicación de leyes y la resistencia de grupos empresariales para aplicar los límites máximos permisibles en materia de emisiones. La permisibilidad para que el diesel en el país siga conteniendo azufre en concentraciones altas afecta no sólo la calidad del aire, sino y especialmente, la salud de todos en el Perú. Lo mismo ocurre con las autorizaciones para la operación de la minería informal y artesanal que deteriora miles de hectáreas en la Amazonía.

1.2.3 Ámbito Local

En el ámbito local, la contaminación ambiental se presenta dependiendo de las diferentes actividades económicas que se desarrollen en cada localidad; sin embargo, un problema que se generaliza en la mayor parte de las localidades es la contaminación al medio ambiente mediante las emisiones de CO₂ a gran escala, sobre todo en grandes ciudades, en las cuales incluso existen vehículos que deberían estar fuera de circulación por su antigüedad, ya que generan mayor emisión de CO₂.

Por otro lado, para mejorar las vías de comunicación entre provincias es importante la construcción y rehabilitación de carreteras que para el estudio nos ocupa las localidades de Puno; sin embargo, el hecho de construirlas implica el impacto al medio ambiente en forma negativa. Por ello, es importante que se tomen las medidas preventivas del caso para minimizar cualquier posible contaminación o impacto negativo al ambiente, teniendo en cuenta la baja circulación de vehículos.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera contribuirá la diferencia porcentual de la emisión de CO₂ en la aplicación del Mortero Asfáltico (Slurry Seal), en comparación de la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico), en la habilitación de vías de bajo tránsito de la región Noreste de Puno?

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE INVESTIGACIÓN

Lo mejor de las emulsiones asfálticas catiónicas radica en los beneficios que entregan a la humanidad debido a que no producen contaminación (no produce CO₂) al momento de su aplicación, porque al lograr su curado solo expulsan agua a la atmósfera y son aplicadas a temperatura ambiente.

En caso de un derrame accidental y que éste tuviese contacto con el medio ambiente, la recuperación y limpieza es inmediata. En el caso que se produjera un derrame en el lecho fluvial, éste actúa como fertilizante de la flora, que en general se encuentra en la riberas del río. (**Ver anexo 2**).

La importancia del presente trabajo de investigación es determinar la diferencia porcentualmente de la emisión de CO₂ en la colocación de la carpeta asfáltica con respecto al Mortero Asfáltico (Slurry Seal) en habilitación y mantenimiento de las vías de bajo tránsito, teniendo en cuenta que el CO₂ genera alteraciones en la calidad natural del ambiente.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Determinar de manera cuantitativa la emisión de CO₂ entre el Slurry Seal (Mortero Asfáltico) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) en la habilitación de vías de bajo volumen de tráfico, con la finalidad de comparar la diferencia porcentual.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad en porcentaje de emisión de CO₂ durante la aplicación del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) en la habilitación de vías de bajo tránsito.
- Determinar la cantidad en porcentaje de emisión de CO₂ durante la colocación del Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) en la habilitación de vías de bajo tránsito.
- Comparar la cantidad en porcentaje de CO₂ emitida por el uso del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) con la emitida por la carpeta asfáltica (cemento asfáltico), para una vida útil de 10 años.
- Definir la diferencia porcentual de D-2, entre Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y Carpeta asfáltica (cemento asfáltico).

1.6 HIPÓTESIS

Contribuirá determinando cuantitativamente la diferencia porcentual de emisión de CO₂ de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) en comparación de la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico), en la habilitación de vías de bajo tránsito

1.7 VARIABLE E INDICADORES

- **Variable Independiente:** Diferencia porcentual de aplicación entre el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (Cemento Asfáltico).
- **Variable Dependiente:** Porcentaje de emisión de CO₂. De la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) y el Mortero Asfáltico (Slurry Seal).
- **Variables intervinientes:** Temperatura, clima, geografía, nivel de servicio.

1.8 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis son las diferencias porcentuales de emisión de CO₂ de la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) y el Mortero Asfáltico (Slurry Seal).

1.9 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

1.9.1 Tipo de investigación

La presente investigación⁹ es de tipo cuantitativa porque permite examinar los datos de manera numérica y porque existe claridad entre los elementos del problema de investigación. Además posible definirlo, limitarlo y saber exactamente dónde se inicia el problema, en cuál dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos.

La información se obtiene sobre la base de investigación del campo (entrevistas y observaciones) y también investigación documental (expedientes técnicos), y sus resultados son extrapolables a toda la población, con un determinado nivel de error y nivel de confianza.

1.9.2 Nivel de investigación

El estudio es de tipo descriptiva y explicativa¹⁰, puesto que tiene objeto central la descripción de los fenómenos de situaciones o evento, cuando se busca especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a estudiar.

⁹ **Cervo y Bervian** (1989) la definen como “una actividad encaminada a la solución de problemas. Su Objetivo consiste en hallar respuesta a preguntas mediante el empleo de procesos científicos” (p. 41).

¹⁰ **Dr. José Supo** (2014). Seminarios de Investigación Científica: Niveles de Investigación. URL:<http://seminariosdeinvestigacion.com/niveles-de-investigacion/>. Fecha de revisión: 08/15/14

1.10 PERIODO DE ANÁLISIS

1.10.1 Periodo de Análisis

El período de evaluación es de 10 años, de acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.11 FUENTES DE INFORMACIÓN E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

1.11.1 Fuentes de información

Para llevar a cabo el levantamiento de información, se utilizará dos tipos de fuentes:

Fuentes primarias: Las fuentes primarias están conformadas por toda la información directa que se recopiló del área de estudio: los registros de temperatura de acuerdo con la información de SENAMHI, los informes de operaciones donde se determina las tasas de aplicación de Mortero Asfáltico (Slurry Seal), ver anexo 3; donde se realizó visitas presenciales a la zona de estudio.

Fuentes Secundarias: Las fuentes secundarias están conformadas por toda la información recopilada de fuentes bibliográficas, tales como libros, páginas web, revistas entre otras, las que se utilizan para realizar los cálculos del tema en estudio.

1.11.2 Instrumentos utilizados

El instrumento utilizado está conformado por muestras topográficas que recoge el área m^2 (ver anexo 4) y el levantamiento de información de las condiciones de las vías (temperatura, tasas de aplicación Slurry Seal y Capeta Asfáltica); el cual consiste en un conjunto de datos que confirman el

área de trabajo, entre los cuales se busca encontrar la diferencia porcentual de emisión de CO₂.

1.12 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE DATOS

1.12.1 Técnica de recolección

Para el desarrollo de la presente investigación, se hizo uso de fuentes primarias (información directa del área de estudio, registros de aplicación del slurry seal, observaciones in situ) y secundarias (información bibliográfica).

La secuencia de recolección de datos para el desarrollo de la presente investigación es la siguiente:

- Identificar la zona más adecuada para realizar el análisis comparativo del uso de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y Carpeta asfáltica (cemento asfáltico). En este caso, se ha seleccionado una zona que posee bajas temperaturas, a efectos de poder realizar el análisis comparativo.
- Determinar el área total de la carretera en la que se empleará el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico).
- Determinar las temperaturas de la zona de estudio y la temperatura a la que debe aplicarse el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica en las cuales se emplean datos de fuentes primarias así como la ecuación calorimétrica.
 - Determinar la cantidad de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) que se empleará para el área de la carretera previamente definida.
 - Determinar la cantidad de combustible necesario para producir Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) hasta una temperatura que haga factible su aplicación.
 - Determinar la cantidad de CO₂ en la producción del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) por tonelada de aditivo y teniendo en cuenta el período de duración de cada uno de los aditivos.

- Finalmente se realizarán comparaciones, en las que se tomarán en cuenta la cantidad de CO₂ que se emite por cada uno de los elementos.
- El alcance del experimento se realizará la preparación y colocación de los materiales.

1.12.2 Procedimiento de Datos

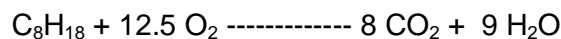
El procedimiento para el procesamiento de los datos y posterior obtención de resultados, considerando los conceptos tales como (calor, calor específico, masa, temperatura y la estequiometría)¹¹.

1. Se calcula el área de cada uno de los tramos a los cuales se aplicará Mortero Asfáltico (Slurry Seal) o la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico), para ello se cuenta con el dato del ancho y longitud de la carretera.
2. Se calcula la cantidad de insumo, Mortero Asfáltico (Slurry Seal) o Carpeta Asfáltica a emplear, para ello será necesario conocer la tasa de aplicación de cada uno de estos insumos. Teniendo la tasa de aplicación y la longitud de la carretera, se podrá calcular la cantidad total de insumo a emplear.
3. Se calcula el calor necesario para calentar el insumo a emplear (Slurry Seal o Carpeta Asfáltica), con el objetivo de obtener posteriormente la cantidad de combustible que se requerirá para calentar los insumos. Para el cálculo del calor, se hará uso de la fórmula universal: $Q = m * c_p (T_f - T_i)$, donde Q es el calor necesario para calentar cualquiera de los insumos; c_p es el calor específico del insumo; m es la masa del insumo según corresponda; T_f es la temperatura final a la que deberá calentarse los insumos; y T_i es la temperatura del ambiente.
4. Una vez que se cuenta con el dato del calor, el cual indica el calor necesario para calentar cada uno de los insumos, se procede al cálculo

¹¹ Información que se define en el Marco Conceptual

de la cantidad (masa) de combustible a emplear para calentar cualquiera de los insumos, para ello también se hará uso de la fórmula universal para el cálculo del calor: $Q = m * c_p (T_f - T_i)$, en donde Q es el calor necesario para calentar el insumo; m es la masa de combustible necesario para generar el calor para calentar el insumo; c_p es el calor específico del combustible a emplear; T_f es la temperatura final a la que deberá calentarse el combustible; y T_i es la temperatura del ambiente.

- Una vez obtenido el dato de la cantidad de combustible, se procede a calcular la cantidad de CO_2 generado por emplear D-2 para calentar los insumos (Slurry Seal y la Carpeta Asfáltica). Para ello, se realizará la ecuación estequiométrica, donde se balancea la reacción del petróleo y sus productos CO_2 y H_2O . La ecuación es la siguiente:



Esta ecuación indica que 1 mol de petróleo (C_8H_{18}) produce 8 moles de CO_2 ; es decir, 114 gr de petróleo, produce 352 gr de CO_2 .

Teniendo en cuenta esta relación aplicando la regla de tres simple, es posible calcular la cantidad de CO_2 que produciría la cantidad de combustible calculada a partir de la fórmula del calor.

- Una vez obtenida la cantidad de CO_2 emitida tanto para el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) como para la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico), se procede a calcular dicha emisión en un período de 10 años, tiempo indicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para realizar el mantenimiento de las carreteras.
- Luego de obtener la emisión de CO_2 tanto para el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) como para la carpeta asfáltica, se procede a comparar cuál de estos dos insumos produce menor cantidad de CO_2 . Teniendo en cuenta estos resultados, se recomendará la aplicación del insumo menos contaminante.

CAPITULO II.

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Generalidades

Una emulsión asfáltica consiste en tres componentes principales: asfalto, agua y un agente emulsificante. En algunas ocasiones, la emulsión puede contener otros aditivos, como estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia o agentes de control de rotura.

Se sabe que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos.

Mezclar agua y asfalto es una tarea similar a la del mecánico que intenta lavar sólo con agua sus manos engrasadas, lo cual no es posible sin embargo se usa detergente o un agente jabonoso la grasa puede ser exitosamente removida. Las partículas de jabón rodean a los glóbulos de grasa, rompen la tensión superficial que los mantiene unidos y permiten que sean eliminados.

Algunos de estos mismos principios físicos y químicos se aplican a la formulación, producción y uso de emulsiones asfálticas. El objetivo es lograr una dispersión homogénea de la carpeta asfáltica en el agua, suficientemente manipulable para ser mezclada, bombeada y almacenada durante un tiempo prolongado. Más aún, la emulsión deberá “romperse” rápidamente tras entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o ser distribuida sobre la vía. La “Rotura” es la separación del agua y del asfalto cuando esto sucede, el residuo asfáltico conserva toda la capacidad adhesiva, la durabilidad y la resistencia al agua propias de la carpeta asfáltica con el cual fue elaborado.

Las emulsiones asfálticas comenzaron a utilizarse para la construcción y mantenimiento de carreteras a principios de este siglo. Al inicio, su crecimiento fue lento debido a la falta de conocimientos sobre su aplicación.

Sin embargo, actualmente el uso de las emulsiones asfálticas comprende una gran variedad de aplicaciones, desde tratamientos superficiales, mantenimiento de carreteras (bacheo), carpetas asfálticas, Slurry Seal y riegos de gravillas, entre otros.

Para obtener excelentes resultados en la aplicación de una emulsión asfáltica es necesario seleccionar la emulsión adecuada para cada agregado pétreo y el equipo de aplicación apropiado.

Además de su fabricación y aplicación, se obtiene un importante ahorro de energía y pueden ser utilizadas en frío e incluso con materiales pétreos húmedos.

2.1.2 Emulsión Asfáltica

Una emulsión asfáltica químicamente está compuesta por emulsificante, asfalto y agua.

El agua es el segundo mayor componente en la formulación de una emulsión, por lo que debe tomarse en cuenta la calidad utilizado, ya que puede tener un gran impacto en el funcionamiento de la emulsión. Además, el agua, en general, afecta directamente la relación entre el asfalto y el agregado.

Las reacciones químicas que ocurren entre la superficie del agregado y las emulsiones determinan las propiedades de adhesión, cohesión, estabilidad, compatibilidad, asentamiento, curado, etc. de la mezcla. Anteriormente se consideraba a los agregados calizos como electropositivos y a los silicosos como electronegativos. Esto puede ser cierto, siempre y cuando el agregado esté perfectamente seco. Cuando están húmedos ambos agregados tienen carga negativa.

Los materiales calizos o de naturaleza básica, que son fragmentos de roca con alto contenido de carbonato de calcio, al ser humedecidos presentan una ionización en su superficie, lo que genera cargas electrostáticas del tipo negativo y compuestos básicos.

Por otra parte, los materiales ácidos o silicosos, que son fragmentos de roca ácida con alto contenido de sílice, al ser humedecidos, producen una ionización en la superficie del material, formando iones de carga negativa.

2.1.2.1 Características y Clasificación de las Emulsiones Asfálticas

De acuerdo con su naturaleza iónica, las emulsiones asfálticas se clasifican en iónicas (catiónicas y aniónicas) y no iónicas.

Las emulsiones aniónicas se obtienen empleando emulsificantes del tipo aniónico, tales como las sales sódicas o potásicas de ácidos grasos o resínicos, mismas que actúan como jabones ($\text{RCOO} \cdot \text{Na}$) ionizándose en el agua en Na^+ y en RCOO^- .

Los aniones RCOO^- se absorben en los glóbulos de asfalto confiriéndole a dichas partículas polaridad negativa, mientras que los cationes Na^+ son absorbidos por el agua. Este tipo de emulsiones tiene un carácter básico debido a que se trabaja con valores de PH mayores a 7 (normalmente entre 11 y 12).

Por su parte, las emulsiones catiónicas se obtienen empleando emulsificantes del tipo catiónico, por lo general compuesto de sales de compuestos orgánicos electropositivos como sales de amonio cuaternario, clorhidratos de diaminas y poliamidas grasas, amidoaminas e imidazolininas derivadas normalmente del sebo animal o del "tall oil".

Las clorhidras de diamina ($\text{R}_1\text{NHR}_2\text{NH}_2 \cdot 2\text{HCl}$) se ionizan en el agua en cationes $\text{R}_1\text{NH}_2\text{R}_2\text{NH}_3^+$ y en aniones 2Cl^- . Estos últimos son absorbidos por el agua,

mientras que los cationes son absorbidos por los glóbulos de asfalto confiriéndoles una polaridad positiva.

Las emulsiones catiónicas presentan un carácter ácido ya que se trabajan con valores de PH menores a 7 (normalmente entre 1.5 y 4.0).

Las emulsiones se clasifican también dependiendo de la velocidad de separación del asfalto respecto al agua y su posterior deposición al material pétreo. Los términos de rompimiento rápido, medio, lento y rompimiento estable se utilizan para simplificar y estandarizar esta clasificación.

Se ha comprobado que en las emulsiones de rompimiento medio y lento fabricadas con más de 0.6% de emulsificante tipo poliamida se presenta un asentamiento más marcado. Este fenómeno es reversible y se soluciona recirculando la emulsión cada tercer día en caso de tener que ser almacenada por algún periodo de tiempo. Otra opción para evitar el asentamiento consiste en modificar la viscosidad de la fase dispersante mediante la adición de polímeros.

**CUADRO N° 1 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES SEGÚN LA
SEPARACIÓN DEL ASFALTO RESPECTO AL AGUA**

| Tipo de Rompimiento | Características | Tiempo de Descarga (min.) | Kg. De emulsificante por Ton de emulsión | % de Carpeta Asfáltica | PH de la Solución Jabonosa | Aplicación |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|--|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| RÁPIDO | Gran carga efectiva | De 0 a 10 | 2,0 - 3,5 | 63 - 65 | 2,0 – 3,5 | Riego de gravilla y de liga |
| | Poca sedimentación | | | | | |
| | Gran adhesividad | | | | | |
| MEDIO | Carga Efectiva | De 15 a 25 | 4,0 – 7,0 | 60 - 62 | 1,8 – 2,5 | Mezclas asfálticas |
| | Poca sedimentación | | | | | |
| | Buena adhesividad | | | | | |
| LENTO | Poca carga efectiva | De 30 a 60 | 8,0 – 10,0 | 60 - 52 | 1,8 – 2,5 | Mezclas Asfálticas |
| | Buena adhesividad | | | | | |
| | Sedimentación Alta | | | | | |
| ESTABLE | Asentamiento considerable | De 60 a 24 horas | 10,0 - 8,0 | 60 - 62 | 1,8 – 2,5 | Mezclas Asfálticas |
| | | | | | | Slurry Seal |
| | | | | | | Micropavimentación |

Fuente: Manual de Emulsiones Asfálticas – QUIMKAO Cia.Ltda

2.1.2.2 Ventajas del uso de emulsiones asfálticas sobre los asfaltos diluidos y mezclas en caliente.

- a. La presencia del agua y el emulsificante en la emulsión asfáltica favorece el mezclado de la carpeta asfáltica con los materiales pétreos, de donde se obtiene un mejor cubrimiento de éstos.
- b. Las adhesividades pasiva y activa que se obtienen mediante el uso de una emulsión asfáltica son superiores a las obtenidas con asfaltos diluidos.
- c. La presencia del emulsificante asegura una unión química asfalto-agregado con lo que se obtiene mejor cubrimiento y adherencia.

- d. Se obtiene un ahorro energético al evitarse totalmente el calentamiento de solventes ya que en la emulsión lo que se pierde es agua.
- e. Se evita la contaminación ambiental al no efectuarse la volatilización de los solventes mencionados.
- f. La emulsión asfáltica constituyen el método simple y práctico para el transportar, almacenar y aplicar el asfalto líquido.
- g. El empleo de las emulsiones puede llevarse a cabo controlando el factor atmosférico, mientras que el trabajo con los asfaltos diluidos exige la presencia de un clima favorable.
- h. En la actualidad, prácticamente todos los trabajos de construcción, reparación y mantenimiento de carreteras puede efectuarse con el uso de las emulsiones, con excepción de la fabricación de concreto asfáltico.

2.1.3 Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

Es una mezcla de emulsión asfáltica con arena gruesa siendo usada para sellar, corregir la desintegración, prevenir la oxidación y ligeras deformaciones; mejorar la resistencia al deslizamiento.

Generalmente se emplea en vías de tráfico moderado, lo que depende de la calidad del agregado y del diseño correspondiente.

2.1.3.1 Obtención de Datos Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

a) Características

- ✓ Mezcla en frío
- ✓ Colocado in Situ
- ✓ Pronta apertura al tráfico
- ✓ Alta fricción
- ✓ Bajo en ruido
- ✓ Durable

b) Razones porque utilizar el Slurry Seal

- ✓ Una superficie tersa para el tráfico
- ✓ Resistente al agua

- ✓ Corrección menor al perfil / bombeo
- ✓ Calafateo
- ✓ Incrementa la fricción
- ✓ Reduce el ruido
- ✓ Protege a estructura del pavimento.

El uso del Slurry Seal reduce el deterioro y el costo de mantenimiento de las vías de un 50% a un 60% dentro de un período de 10 años, de acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

A diferencia de otros métodos de sello de los pavimentos, el Slurry Seal no contiene piedras que producen el rayado y problemas en el drenaje. No existe grava sobrante.

Por su espesor y la temperatura ambiente al ser tendido, la energía empleada es baja, lo que resulta económico.

Podemos añadir elementos especiales para dar la textura y color deseado.

La alta calidad de emulsión asfáltica es empleada para satisfacer la demanda que el pavimento exige. El Slurry Seal puede ser empleado en una gran variedad de superficies. Caminos urbanos, carreteras, hombros de las carreteras, puentes, estacionamientos, aeropuertos, canchas deportivas y áreas de recreo.

Muchas aplicaciones han sido catalogadas por su uso de 8 años y aún más. Cuando es empleado en pavimentos jóvenes, el Slurry Seal previene el deterioro por causa del mal clima. La oxidación, la pérdida de aceite y el sangrado del asfalto se reducen a una cantidad mínima, la duración es incrementada y la textura, renovada. En pavimentos más viejos, el Slurry Seal previene el cuarteo, disgregamiento y aumento en la permeabilidad del pavimento aunado con la fricción por el envejecimiento del asfalto o el pulido de los agregados. Para ambos tipos de pavimento, el Slurry Seal uniformiza el color, la textura y le sello los que son provistos en una simple aplicación. Esta emulsión estará lista para

utilizarse horas después. Generalmente el riego de liga ni el compactado neumático son necesarios para este proceso.

2.1.3.2 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones para Mortero Asfáltico (Slurry Seal) de acuerdo con el ISSA International Slurry Surfacing Association, tanto para un agregado o mezcla de agregados son las siguientes:

- Equivalente de arena, ASTM D 24198 (AASHTO T 176) = 45 % mínimo.
- Durabilidad ASTM C88 (AASHTO T 104)= 25 % (utilizando sulfato de magnesio $MgSO_4$) o = 15 % (utilizando sulfato de sodio, Na_2SO_4),
- Pérdida en la Prueba los Ángeles ASTM C 131 (AASHTO T 96)= 35 % máximo.

CUADRO N° 2 MEZCLAS DE SLURRY SEAL

| TIPO DE GRADUACIÓN | TIPO I | TIPO II | TIPO III |
|--|---|---|--|
| USOS | Para penetración de grietas o sello sobre áreas de tráfico bajo (estacionamientos, aeropuertos para aviones livianos) | Para corregir desintegración severa, oxidación, resistencia al deslizamiento, para tráfico moderado a pesado. | Se usa para corregir condiciones superficiales severas, tráfico pesado y resistencia al deslizamiento. |
| TAMAÑO DE MALLA | PORCENTAJE QUE PASA | PORCENTAJE QUE PASA | PORCENTAJE QUE PASA |
| 9.5 mm. (3/8") | 100 | 100 | 100 |
| 4.75 mm. (N° 4) | 100 | 90-100 | 70-90 |
| 2.36 mm. (N° 8) | 90-100 | 65-90 | 45-70 |
| 1.18 mm. (N° 16) | 65-90 | 45-70 | 28-50 |
| 600 µm. (N° 30) | 40-65 | 30-50 | 19-34 |
| 300 µm. (N° 50) | 25-42 | 18-30 | 12-25 |
| 150 µm. (N° 100) | 15-30 | 10 - 21 | 7 - 18 |
| 75 µm. (N° 200) | 10 - 20 | 5 - 15 | 5-15 |
| Asfalto residual con base al % del peso seco del agregado | 10 -16 | 7.5-13.5 | 6.5-12 |
| Tasa de aplicación (Kg/m2), Base peso seco agregado | 3.5-5.4 | 5.4-9.1 | 8.2-13.6 |
| - Recomendadas por la asociación Internacional de recubrimientos de mortero asfáltico ISSA (Internacional Slurry Surfacing Asociación) | | | |

Fuente: elaboración propia

2.1.3.3 Elementos que Componen el Diseño del Slurry Seal

El Slurry Seal es un sistema, en el cual todos los elementos interactúan para lograr un rendimiento óptimo. La alteración de alguno de estos elementos puede producir la falla en el proceso. Las necesidades del sistema Slurry Seal para su diseño se detallan a continuación:

1. Tipo de emulsión: aniónico a catiónico
2. Clase de emulsión: rompimiento rápido o lento
3. Condiciones de tráfico
4. Preparativos del camino
5. Preferencias del camino

CUADRO N° 3 CARACTERIZACIÓN DE EMULSIONES SAL

| ENSAYOS | SLURRY SEAL |
|--------------------|--------------|
| Residuo Asfáltico | 60% mín. |
| Viscosidad | 20 – 100 SSF |
| Estabilización | 1.0% máx. |
| Tamiz | 0.1% máx. |
| Penetración | 40 – 90 dmm |
| Pto. Ablandamiento | Ninguno |
| % Polímero | Ninguna |

Elaboración Propia

CUADRO N° 4 ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

| ENSAYOS | SLURRY SEAL |
|------------------------|--------------|
| Tiempo de mezcla | > 180 seg |
| Tiempo de rotura | 1 a 2 horas |
| 1 a 2 horas | 24.0 hr máx. |
| Abrasión vía húmeda | 807.0 máx. |
| Máquina de rueda | 1 hora. |
| Desplazamiento Lateral | Ninguno |

Elaboración Propia.

CUADRO N° 5 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA

| Descripción | |
|--|---|
| Emulsión | <p>Sistema de emulsión es independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Asfalto ✓ Emulgente ✓ Aguas ✓ Acido ✓ Aditivo ✓ Filler Mineral <p>Su función de elemento aglutinador de agregado y liga a la superficie.</p> |
| Agregado | <p>Componente mayor y más crítico para una larga duración, las necesidades del material pétreo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mineralogía 2. Graduación 3. Limpieza 4. Equivalente de arena 5. Desgaste de los ángulos (abrasión) 6. Granulometría 7. Densidad 8. Requerimientos para el tipo I, II, III. |
| Filler Mineral | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Normalmente usado hasta 2% con respecto al peso del agregado seco. ✓ Cemento Portland, Cal hidratada ó cualquier otro fino que ayude en alguno de los tres propósitos, para los cuales es usado: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aditivo para iniciar la reacción 2. Agente trixotrópico 3. Corrige deficiencias en los finos que pasan la malla # 200 |
| Agua | <ul style="list-style-type: none"> • Componente intermedio en diseño • Potable (de preferencia) • No debe contener sólidos en suspensión |
| Aditivos | <p>El uso de acelerantes o retardantes para el rompimiento de la mezcla.</p> |
| <p>Otros: Procedimiento de mezclado y tendido del equipo, condiciones ambientales, condiciones del camino y tiempo al ser abierto al tránsito, horario diurno o nocturno.</p> | |

Elaboración Propia.

2.1.3.4 Parámetros de Aplicación de Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

Métodos de prueba con sus parámetros; control de calidad; medición y procedimientos.

CUADRO N° 6 PARÁMETROS DE APLICACIÓN DEL SLURRY SEAL

| Componentes | Tasa de Aplicación Sugerida |
|-------------------|--|
| Residuo Asfáltico | <p>Tipo I: 8 – 12 lb/yd² (4.3 – 6.5 kg/m²) Uso: Estacionamientos, calles urbanas y residenciales, pistas de rodaje de aeropuertos.</p> <p>Tipo II: 12 - 20 lb/yd² (6.5 – 10.8 kg/m²) Uso: Calles urbanas y residenciales, pistas de rodaje de aeropuertos.</p> <p>Tipo III: 18 -30 lb/yd² (9.8 – 16.3 kg/m²) Uso: Carpetas asfáltica, tránsito liviano.</p> |
| Filler mineral | 0.5 - 2.0% (basado en peso de agregado seco) |
| Aditivos | como sea necesario |
| Agua | como sea necesario para lograr la consistencia apropiada de la mezcla |

Elaboración Propia.

2.1.4 Carpeta Asfáltica (Caliente)

Preparada en el laboratorio debe ser analizada para determinar el desempeño posible en la estructura del pavimento. Determinado así, características principales y la influencia de estas tienen en el comportamiento de la mezcla.

2.1.4.1 Densidad

Está definida como su peso unitario, es decir, el peso de un volumen específico de mezcla compactada. La densidad es una característica importante para obtener un rendimiento duradero. Si la densidad es baja la cantidad de vacíos son mayores, por lo tanto, la mezcla compactada será vulnerable al agua.

2.1.4.2 Componentes de la Mezcla

La carpeta asfáltica estará formada por una mezcla de agregado grueso (piedra triturada de origen granítico), agregado fino (arena), Filler y cemento asfáltico 70-100, que cumplirán con las siguientes especificaciones:

- a) Agregado Grueso:** material retenido en el tamiz N° 10 será obtenido por trituración de rocas de origen granítico homogéneas, sanas, limpias, de alta dureza, trituradas en fragmentos angulares y de aristas vivas, no permitiéndose la presencia de ningún porcentaje de agregados con mineral en descomposición. No se admitirán el uso de ningún tipo de tosca. Cada una de las fracciones que integran la mezcla deberá estar constituida por agregados pétreos del mismo origen geológico.
- c) Agregado Fino:** Material que pasa el tamiz N° 10 estará constituido por una mezcla de arena natural y arena de trituración. Estará libre de arcilla y otras materias extrañas. La arena de trituración deberá provenir de rocas que cumplan lo exigido para el agregado grueso y entrará en mezcla con la arena natural en un porcentaje de no menos de cuarenta por ciento (40 %). La arena natural será de origen silicio, de granos limpios, duros, durables y sin películas adherida alguna, debiendo cumplir la siguiente granulometría:

Pasa tamiz 80 Máximo 80%
 Pasa tamiz 200 Máximo 15%

- d) El Filler:** A utilizar será Cal (cal hidratada) en polvo o Cemento Portland normal, para lo cual deberá presentarse como polvo seco suelto libre de terrones o agregaciones de partículas de cualquier origen.
- e) Granulometría:** La curva granulométrica será continua sin inflexiones bruscas, ligeramente cóncava y estará comprendida entre los siguientes límites siendo aproximadamente paralela a una de las curvas límites

| | |
|---------------------------|-----------|
| Pasa tamiz 1". | 100% |
| Pasa tamiz 3/4". | 80 - 100% |
| Pasa tamiz N°4. | 60 - 80% |
| Pasa tamiz N° 8. | 40 - 55% |
| Pasa tamiz N° 40. | 20 - 40% |
| Pasa tamiz N°200. | 4 - 10% |

2.1.4.3 Composición de la Mezcla

- a. Cantidad de Filler y Betún:** El porcentaje de asfalto será el óptimo que corresponde según el método Marshall.

La preparación y ensayo de las probetas se realizará según la norma V.N.E. 9 de la Dirección Nacional de Vialidad, con 75 golpes normalizados por cara.

La relación Filler - Betún en ningún caso será superior al 80 % de la concentración crítica entendiendo como Filler al material que pasa el tamiz N° 200 comprendido el polvo natural de los agregados y el Filler comercial incorporado a la mezcla.

- b. Característica de la Mezcla Asfáltica:** ensayada por el método Marshall responderá a las siguientes exigencias:

| | |
|---|-----------|
| Vacíos. | 3 a 5 % |
| Vacíos agregado mineral (V.M.A.). | 14 a 18 % |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Vacíos ocupados por betún. | 75 a 85 % |
| Estabilidad Mínima. | .600 Kg |
| Estabilidad Máxima. | .1000 Kg |
| Fluencia Máxima. | 0,45 cm. |
| Fluencia Mínima. | 0,20 cm. |

Estabilidad mínima remanente después de 24 Hs de inmersión en agua a 60 ° C.
(en el porciento de la Normal) 80 %.

Hinchamiento máximo, después de 24 Hs. de inmersión en agua a 60° C.= 2 %.

Relación estabilidad = mínima 2.100 Kg/ cm.

Fluencia = máxima 3.600 Kg/ cm.

2.1.4.4 Proceso de aplicación

- 1. Calibración de Planta:** la calibración de la Planta se realizará con balanza cuya precisión no sea inferior al 1 % (uno Por ciento) y el control de temperatura de la usina con termómetro en los cuales se pueda leer con precisión no menor de 1C° (un grado centígrado).

En las plantas por pastones la pesada del Filler deberá hacerse con una balanza individual que permita una sensibilidad de 100 Gr

Para medir el asfalto cuando el control se haga por volumen, el Contratista deberá presentar previamente una tabla que indique la evaluación del peso específico del asfalto dentro de las temperaturas en que se lo caliente.

- 2. Preparación de los materiales:** el asfalto será calentado por el sistema indirecto y su temperatura estará comprendida entre los 125 ° C. y los 145° C. o bien menores siempre que satisfaga las condiciones de fluidez mínima que asegure un bombeo constante y una distribución uniforme a través de los picos regadores de la usina.

Los Agregados serán calentados en forma tal que en el momento de llegar al mezclador su temperatura no exceda de los 145° C. y su contenido de humedad en ningún caso será superior al medio por ciento (0,5).

- 3. Preparación de la mezcla:** para la elaboración de la mezcla deberá ser utilizada planta fija, de producción continua o por pastón. Las proporciones de materiales serán las adecuadas para que resulte una mezcla cuya composición se ajuste a la de la fórmula de Obra Final aprobada con las tolerancias que se fijen.

En caso de utilizarse planta de producción por pastones se asegurará que el tiempo de mezclado sea suficiente para que se produzca y un número de 30 a 40 giros por pastón como mínimo de modo que la mezcla así elaborada presente las condiciones de homogeneidad y uniformidad compatible con la calidad especificada. En caso de emplearse planta de producción continúa, la producción deberá regularse de tal manera que la mezcla resultante cumpla con lo establecido en el párrafo anterior.

La temperatura de mezcla medida sobre el camión durante las operaciones de carga y descarga en ningún caso deberá exceder de los 145° C – 160°C.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Mortero Asfáltico (Slurry Seal).- está compuesto por una mezcla de una emulsión asfáltica aprobada, agregado mineral o agregado pétreo, agua, y ciertos aditivos especificados, debidamente dosificados, mezclados y uniformemente aplicado sobre la superficie debidamente preparada. El mortero asfáltico Slurry Seal terminado deberá dejar una textura y superficie homogénea, adherido firmemente a la superficie previamente preparada, y tener una superficie resistente a deslizamientos durante su tiempo de vida útil.

Morteros Asfálticos.- Es la combinación de un aglomerante y aglomerados. El aglomerante lo compone en esta ocasión el cemento asfáltico, mientras los aglomerados son los agregados pétreos, los cuales deben ir dosificados en proporciones exactas.

Emulsión asfáltica.- Una emulsión asfáltica es la dispersión de pequeñas partículas de asfalto dentro de otro líquido, que lo mantenga en condiciones estables.

Las emulsiones pueden ser formadas por dos líquidos cualesquiera no miscibles, pero en la mayoría una de las fases es agua. Emulsiones aceite en agua (O/W) son aquellas en las cuales la fase continua es agua y la fase dispersa (partículas) es un aceite o líquido insoluble. Las emulsiones asfálticas son normalmente del tipo O/W.

Calor.- Se define como la parte del flujo total de energía que cruza a través de la frontera de un sistema debido a una diferencia de temperatura entre el sistema y el entorno. Se conoce en ingeniería también como flujo calórico.

El calor es positivo cuando es transferido al sistema; el cual este puede ser transferido por conducción, convección y radiación.

Calor específico.- El calor específico es la energía necesaria para elevar 1 °C la temperatura de un gramo de materia. El concepto de capacidad calorífica es análogo al anterior, pero para una masa de un mol de sustancia (en este caso es necesario conocer la estructura química de la misma).

El calor específico es un parámetro que depende del material y relaciona el calor que se proporciona a una masa determinada de una sustancia con el incremento de temperatura:

$$Q = m \int_{T_i}^{T_f} c dT$$

Dónde:

Q, es el calor aportado al sistema.

m, es la masa del sistema.

c, es el calor específico del sistema.

ΔT es el incremento de temperatura que experimenta el sistema.

Las unidades más habituales de calor específico son:

$$\text{J / (kg} \cdot \text{K) y cal / (g} \cdot \text{°C)}$$

Masa.- La masa, es una medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo. Es una propiedad intrínseca de los cuerpos que determina la medida de la masa inercial y de la masa gravitacional. La unidad utilizada para medir la masa en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg). Es una magnitud escalar.

Temperatura.- La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones.

ISSA - International Slurry Surfacing Association.- En español la Asociación Internacional Surfacing Slurry (AISS) es una organización sin fines de lucro compuesta por Contratistas, Equipo Fabricante, Investigadores de Personal Consulting Engineers y otros Industrias; su interés es trabajar para promover los

procesos de conservación de pavimento que impulsan los negocios y trabajan constantemente con los gobiernos de distintos países en la preservación del pavimento según la legislación de cada país.

Agregado pétreo.- Es todo material inerte derivado de la destrucción o trituración ya sea natural o artificial de las rocas.

También se les conoce como materiales minerales, y son aquellas sustancias minerales que se encuentran en la naturaleza en forma de cuerpos duros, sin brillo metálico, más pesados que el agua y menos que los metales.

Clasificación de Agregado pétreo por su origen: Se dividen en Agregados Naturales y Agregados Artificiales.

- ✓ **Agregados Naturales:** Son extraídos de bancos que se forman en los recodos de los ríos, formados por sedimentación al disminuir la velocidad de la corriente, y los que se obtienen de depósitos residuales formados por la desintegración de las rocas.
- ✓ **Agregados Artificiales:** Llamados también triturados o de cantera, proceden de la trituración de formaciones rocosas adecuadas de donde sea posible abrir fuentes o canteras para triturar, moler y clasificar la piedra, con lo que se obtiene el material pétreo de trituración conocido también como piedrín.

Abrasión.- Es la acción mecánica de rozamiento y desgaste que produce la erosión de un material o un tejido.

Agregado.- Partículas de material producto de la desintegración natural o artificial de las rocas

Coalescencia.- Es la capacidad de la mezcla asfáltica de formar grumos.

Cohesión.- Es la fuerza de atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de cierta sustancia o mezcla.

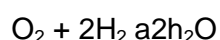
Muestra.- Porción extraída de un producto determinado que se utiliza y permite conocer la calidad del mismo además de ser considerado como muestra representativa.

Norma.- Documento reconocido como reglamento a seguir para cierto procedimiento, además de haberse concebido por consenso.

Probeta.- Instrumento volumétrico graduado, utilizado para medir volúmenes.

Estequiométrica.- Es rama de la química¹², se enfoca en la descripción de las reacciones y los cálculos que se necesitan para éstas. Sus principales temas a tratar son las cantidades cualitativas y cuantitativas de productos/químicos que se le agregan a los compuestos.

En la estequiometria se marca un estándar de cómo se deben escribir e interpretar las ecuaciones que describen a los compuestos químicos. Como por ejemplo:

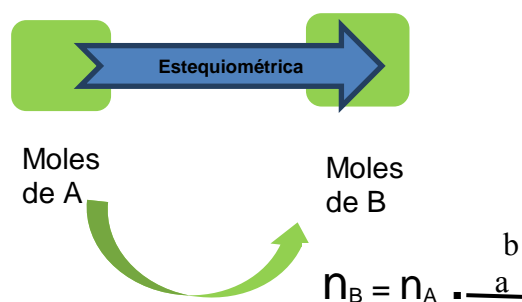


En este punto encontramos tres grupos de moléculas, la de oxígeno, las de hidrógeno y la compuesta. Los principios estequiométricos dictan la forma en que se interpretan las ecuaciones:

El subíndice indica la cantidad de átomos que tiene la molécula, en este caso el "O₂" son dos átomos en la molécula.

El número que antecede a la molécula indica la cantidad de moléculas, en este caso "2H₂O" dice que tenemos dos moléculas de "H₂O".

¿Calcular los moles de B que se producen a partir de unos moles de A?



Fuente: elaboración propia

¹² RAMAS DE LA QUÍMICA: Estequiometría. Fecha de publicación: 12/ 18/ 2012
URL:<http://ramasdequimica.com/estequiometria/>

Para leer la ecuación se analiza por cantidad de moléculas y dentro de esta, por cantidad de átomos, en este caso:

“2H₂O” dos moléculas;

“2H₂O” dos átomos de hidrógeno (Se lee “Hidrógeno 2”);

“2H₂O” un átomo de oxígeno (Se lee “Oxígeno uno”).

Los fillers.- son sustancias finamente divididas las cuales son insolubles en asfalto pero que pueden ser dispersadas en él, como un medio de modificar sus propiedades mecánicas y consistencia. Las sustancias minerales; típicos fillers minerales: cal, cemento, polvo de tiza, cenizas de combustible pulverizada, talco, sílice, etc. El efecto general de la adicción de fillers es endurecer el asfalto. En términos prácticos significa que existirá una reducción en su deformación o fluencia producida por una carga, un incremento en su punto de ablandamiento, una reducción de su penetración y un incremento en el stiffness. La propiedad de endurecimiento o stiffness depende de la cantidad de filler agregado o del tamaño de la partícula así como de la forma de la misma. Fillers tales como polvo de tiza producen un efecto menor. Para fillers normales, el efecto del filler sobre la penetración y el punto de ablandamiento del asfalto es proporcional a la concentración del filler para concentraciones de hasta un 40% del filler/asfalto. Para fillers tipo fibra, el límite es menor a 40%.

Los fillers deben ser mezclados en el asfalto en un mezclador a una temperatura tal que la viscosidad es alrededor de 200 cst. Por ejemplo para un asfalto de penetración será a una temperatura de 100°C por encima de su punto de ablandamiento. El filler debe ser agregado gradualmente para no enfriar al asfalto rápidamente; mezclado en forma continua y permitir la salida de aire ocluido en la masa del asfalto. Mezclas de asfalto/filler deben mantenerse en proceso de mezcla inmediatamente de su utilización para prevenir la sedimentación del filler.

- **Elección de Fillers.**- Los siguientes factores deben ser considerados:

- ✓ Fillers de asbestos no son adecuados para aplicaciones en la cual la mezcla es utilizada como un sellador o un protector en continuo contacto con un líquido, debido a que las fibras de asbesto pueden transportar el líquido a través del asfalto.
- ✓ Fillers que pueden absorber agua no deben ser utilizados cuando el asfalto está en contacto con el agua.
- ✓ Si el asfalto va a ser utilizado como un protector resistente a los ácidos, los fillers deben ser sílices.
- ✓ El uso de cal como filler mejora la adhesión del asfalto a las superficies minerales (piedra, vidrio, etc) en presencia de agua.

El dióxido de carbono.- también denominado óxido de carbono, gas carbónico y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula molecular es CO₂.

2.3 MARCO LEGAL

- Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente.
- Protocolo de Kyoto.
- Las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials) D-3910, ISSA A-105.
- AASHTO T 59 y ASTM D 2344 las normas americanas
- D.S. 052-93-EM, Manipulación de manejo de materiales de hidrocarburos.
- Políticas del Sector Transportes: RM 917-2006-MTC/09, RM N° 917-2006-MTC/09.
- Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura: D.S. N° 034-2008-MTC.
- Esp. Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras: RN° 015-2006-MTC/14
- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras: RD N° 028-2001-MTC/15.17

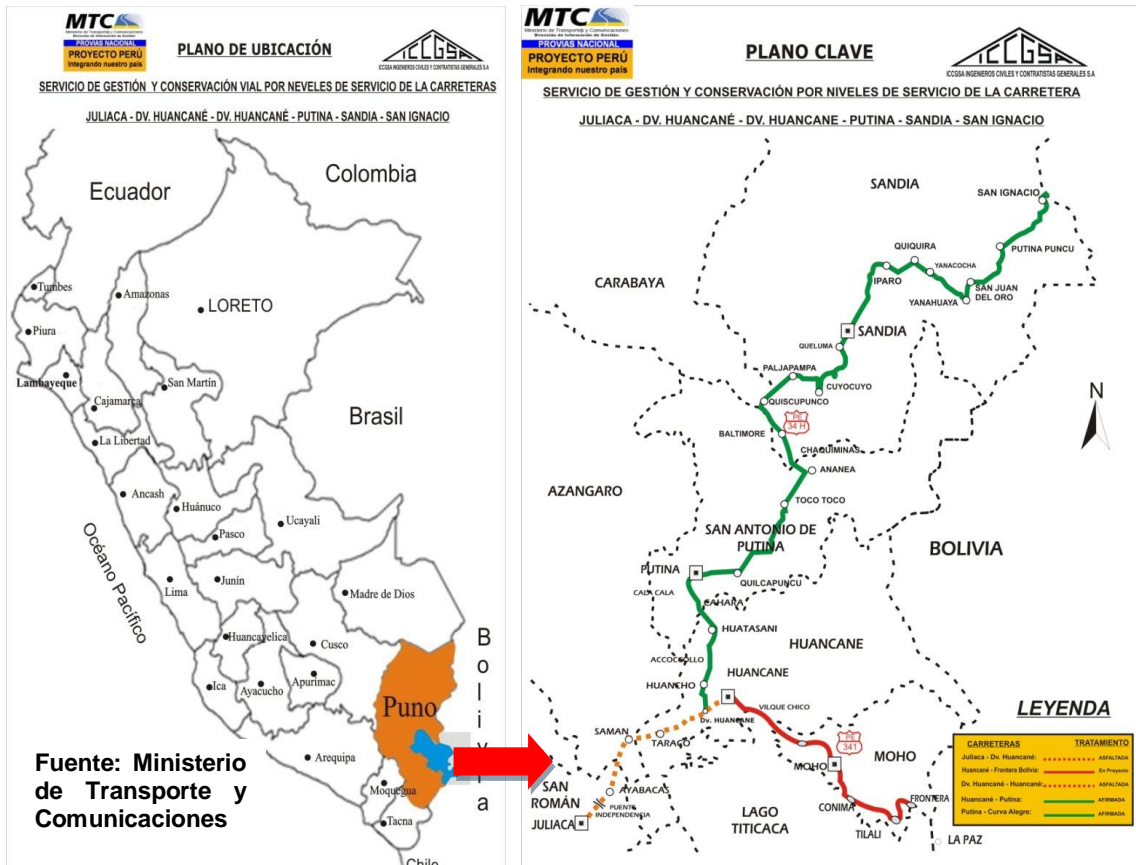
CAPITULO III.

3.1 DESARROLLO DEL TRABAJO DE LA TESIS

3.1.1 Localización

El proyecto se desarrolló en la carretera **JULIACA – HUANCANÉ - DV. HUANCANE - PUTINA - SANDIA - SAN IGNACIO**, se encuentra ubicada en el Departamento Puno; Inicia en la ciudad de Juliaca provincia de San Román, continua por la Provincia de **AZÁNGARO** distrito Samán; luego sigue por la Provincia de **HUANCANÉ** distrito Taraco y Huatasani; continua por la Provincia de **SAN ANTONIO DE PUTINA**, distritos Putina, Quilcapuncu, Ananea: Cuyo Cuyo, Sandia, Yanahuaya; cuyos puntos finales son los Centros Poblados de San Tomás, San Ignacio y Paujil Playa, en la Provincia de **SANDIA**.

FIGURA N°1. PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



3.1.2 Distancias de los Tramos

Las distancias reales de la Carretera: **JULIACA - HUANCANÉ - DV. HUANCANE - PUTINA - SANDIA - SAN IGNACIO**, las mismas que se muestra en cuadro N° 7.

CUADRO N° 7 DISTANCIAS POR TRAMOS Y TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

| Carretera | Tramo | Vía | Tipo de Superficie de rodadura | Longitud km. |
|-----------|--|-----------|--------------------------------|---------------|
| R34I | Juliaca (Km. 4+520) – Dv. Huancané (Km. 49+200) | Asfaltada | Tratamiento Superficial Bicapa | 44.680 |
| R34I | Dv. Huancané (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | Asfaltada | Tratamiento Superficial Bicapa | 9.430 |
| R34H | Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | Afirmada | Afirmado | 99.260 |
| R34H | Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | Afirmada | Afirmado | 29.540 |
| R34H | Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | Afirmada | Afirmado | 38.800 |
| R34H | Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | Afirmada | Afirmado | 72.600 |
| R34H | San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | Afirmada | Afirmado | 2.480 |
| | TOTAL | | | 242.68 |

Elaboración Propia.

En el siguiente cuadro se presenta información del estado de la vía:

CUADRO Nº 8 ESTADO DE LA VÍA Y TIEMPOS DE RECORRIDO

| Carretera | Tramo | Vía | Longitud Km. | Transitabilidad | Tiempo recorrido (hr) |
|------------------|-------------------------------|------------|-------------------------|---|--------------------------------------|
| R34I | Juliaca–Dv. Huancané | Asfaltada | 44.680 | Regular-mala | 0.89 |
| R34I | Dv. Huancané – Huancane | Asfaltada | 9.430 | Regular-mala | 0.15 |
| R34I | Dv. Huancané – Putina | En Const | 42.400 | Mantiene su condición de Afirmado | 1.51 |
| R34H | Putina– Cuyo Cuyo | Afirmada | 99.260 | Regular-mala | 3.50 |
| R34H | Cuyo Cuyo – Sandia | Afirmada | 29.540 | Regular-mala | 1.10 |
| R34H | Sandia– Quiquira | Afirmada | 38.800 | Regular-mala | 1.38 |
| R34H | Quiquira– San Ignacio | Afirmada | 72.600 | Regular-mala | 2.59 |
| R34H | San Ignacio – Curva Alegre | Afirmada | 2.480 | Regular-mala | 0.10 |
| | Total | | 453.96 | | 11.22 |

Elaboración Propia.

3.1.3 Descripción del Área de Estudio

3.1.3.1 Ubicación y Ámbito de Estudio

Se ubica en la parte noreste de la región Puno y comprende las provincias de San Román, Azángaro, Huancané, San Antonio de Putina y Sandía, donde ubican diecisiete distritos por donde la carretera atraviesa (**Ver cuadro 9 y Figura 1**).

CUADRO N° 9 PROVINCIAS Y DISTRITOS DEL ÁMBITO DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

| Región | Provincia | Distrito |
|--------|-----------------------|-------------|
| PUNO | San Román | Juliaca |
| | Azángaro | Samán |
| | Huancané | Taraco |
| | | Huancané |
| | | Huatasani |
| | San Antonio de Putina | Putina |
| | | Quilcapuncu |
| | | Ananea |
| | Sandía | Cuyo Cuyo |
| | | Sandía |
| | | Yanahuaya |

Elaboración Propia.

3.1.3.2 Aspectos Sociales y Geográficos Generales

a) Clima y Zonas de vida

De acuerdo con la clasificación desarrollada por Holdridge (clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático), en el lugar del servicio existen las zonas de vida que se describen a continuación:

- **Bosque muy Húmedo - Subtropical Transicional (bmh-S/Bp-S)**

Esta zona de vida se encuentra entre los 600 y 2000 msnm. Presenta una biotemperatura media anual de 24 a 25 °C y tiene un promedio de precipitación total anual entre 3 500 y 4 500 mm. En condiciones naturales poco intervenidas, la vegetación selvática es sumamente densa y diversificada; y tiene presencia de especies epífitas y sobre todo de bosques de árboles de porte elevado y bien desarrollados. Sin embargo, esta composición del bosque en el área está muy alterada ya que la mayor parte de terrenos cercanos a la carretera muestran que su vegetación natural casi ha sido reemplazada por un bosque secundario y en muchos casos completamente deforestados para dar paso a terrenos de cultivo y pastizales.

- **Bosque Pluvial - Subtropical (Bp-S)**

Esta zona de vida se localiza entre los 600 y 700 msnm, llegando a altitudes máximas de 2000 msnm. La biotemperatura promedio anual es de 24 °C y el promedio de precipitación bordea los 6 000 mm anuales lo que caracteriza como una zona superhúmeda. En estas condiciones climáticas, la vegetación está constituida por árboles pequeños y delgados, donde las palmeras y helechos arbóreos son más altos y el epifitismo es abundante. Esta composición del bosque pluvial está alterada en las inmediaciones de la carretera, donde la vegetación natural casi ha sido reemplazada por un bosque secundario y en muchos casos completamente deforestada para dar paso a terrenos de cultivo y pastizales.

- **Bosque Pluvial - Montano Bajo Subtropical (bp-MBS)**

Esta zona de vida se localiza entre los 1600 y 1900 msnm llega a altitudes máximas de 2300 y 2600 msnm. La precipitación promedio total anual varía de 4000 a 8000 mm. Esta zona de vida tiene una biotemperatura media anual, que varía entre 12 °C y 17 °C. En estas condiciones climáticas, la vegetación está constituida por bosques naturales que alcanzan alturas entre 20 y 30 m. Son árboles mayormente bajos, delgados y de mala conformación, el epifitismo es abundante.

- **Bosque Pluvial - Montano Subtropical (bp-MS)**

Esta zona de vida se encuentra entre los 2500 y 3700 msnm. Presenta una biotemperatura media anual que varía entre 6° C y 12° C, que corresponden a la transición de Sierra a Selva Alta. El promedio de precipitación total anual varía entre 2000 y 4000 mm. La vegetación es densa y diversificada, pero con características “achaparradas”, compuesta por árboles que alcanzan hasta 15 m de altura. Son muy característicos los deslizamientos de tierra debido a la fuerte gradiente; es común observar vegetación secundaria de tipo sucesional.

- **Bosque Seco - Montano Bajo Subtropical (bs-MBS)**

En esta zona de vida el promedio de precipitación total anual varía entre 500 mm y 1000 mm. La biotemperatura media anual presenta valores entre 11.7 °C y 18.1 °C y se ubica entre los 2500 y 3200 msnm. Según el Diagrama de Holdridge, es una zona subhúmeda.

- **Estepa - Montano Subtropical (e-MS)**

El promedio de precipitación total anual varía entre 350 mm y 500 mm. La biotemperatura media anual tiene una máxima de 11,3 °C y una media anual mínima de 7,1 °C. Esta zona se ubica entre 3 000 y 3 400 msnm. En esta zona de vida, las condiciones para la agricultura de secano son relativamente favorables. La vegetación natural es de tipo herbácea y estacional.

- **Bosque Húmedo - Montano Subtropical (bh-MS)**

En esta zona de vida, el promedio de precipitación total anual varía entre 600 mm y 800 mm y la biotemperatura media anual entre 10 °C y 6 °C. Se ubica entre 3 400 y 4 000 msnm. La vegetación arbórea natural está constituida por bosques residuales del quinual, chachacomo, ulcumano, etc. y arbustos como tarhui, chacho silvestre, etc. y grandes extensiones de pastos naturales: Festuca, Stipa, Calamagrostis, Poa, entre otros. En este clima se desarrolla la agricultura andina de secano.

- **Bosque muy húmedo – Montano Subtropical (bmh – MS)**

Se localiza entre los 3,800 y 3,900 msnm y se caracteriza por presentar un clima muy húmedo y frío con una biotemperatura media anual entre 9 y 6°C, y un promedio máximo de precipitación pluvial de 2,000 mm y mínimo de 1,000 mm. El relieve dominante es empinado conformando la porción superior de las laderas interandinas, con pendientes superiores al 50%. La vegetación natural está representada por especies arbustivas que se desarrollan en un estrato herbáceo perenne con predominancia de gramíneas. En esta zona de vida, el uso agrario y pecuario es limitado debido a la alta humedad y la baja temperatura.

- **Páramo muy Húmedo - Subalpino Subtropical (pmh-SaS)**

El promedio de precipitación total anual, en esta zona de vida, varía entre 700 mm y 800 mm, y la biotemperatura media anual entre 6 °C y 3 °C. Es una zona de clima frío que se ubica entre 3 900 y 4 500 msnm, donde las condiciones térmicas no permiten la agricultura, pero ofrecen algunas buenas condiciones para la ganadería extensiva. Este clima conforma un piso térmico boreal; es decir, es un clima que alterna frecuentemente momentos de congelamiento y descongelamiento.

- **Páramo Pluvial - Subalpino Subtropical (pp-SaS)**

El promedio máximo de precipitación total anual de esta zona de vida varía entre 800 mm y 1400 mm. Se ubica entre los 3500 y 4000 msnm. Este clima conforma un piso térmico boreal; es decir, se trata de un clima que alterna diariamente momentos de congelamiento y descongelamiento.

- **Tundra Pluvial - Alpino Subtropical (tp-AS)**

En esta zona de vida, el promedio de precipitación total anual varía entre 500 mm y 1 000 mm. La biotemperatura media anual varía entre 3°C y 1.5°C. Esta zona se ubica entre 4 500 y 5 000 msnm. Este clima conforma un piso térmico periglaciario, en el cual, gran parte del año (casi todas las noches y madrugadas), el agua que hay en la superficie del terreno se congela, pero igualmente fusionan diariamente con las primeras radiaciones solares diurnas.

De este modo, se trata de un clima que alterna diariamente momentos de congelamiento y descongelamiento.

- **Nivel-Subtropical (NS)**

El promedio de precipitación total anual, en esta zona de vida varía alrededor de 800 mm. La biotemperatura media anual está por debajo de 1.5 °C. Es una zona de clima gélido que se ubica sobre 5 000 msnm y su topografía es abrupta, casi completamente cubierta por hielos glaciares. No se observa formas de vida salvo algunas criptógamas como líquenes minúsculos. Tiene especial importancia para el régimen hidrológico de ríos y lagunas.

b) Geología

La composición del relieve está compuesta por montañas que se encuentran entre los 5 900 msnm, y la selva baja que se encuentra a 500 msnm, teniendo una geografía accidentada a lo largo de los valles.

El ordenamiento de los pisos ecológicos es de la siguiente manera:

- La alta puna y los nevados, entre 4 300 y 5 900 msnm.
- Los valles altos de la vertiente amazónica, llamados interandinos, que comprenden desde los 2 000 hasta los 3 100 msnm.
- Los valles tropicales, llamados selva, que comprenden desde los 600 hasta los 2 000 msnm.
- La parte de la selva baja que comprende desde los 600 msnm.

c) Hidrología

En cuanto a la hidrología, la cuenca del río Ramis, la más extensa e importante del sistema fluvial del Lago Titicaca, se encuentra ubicada en la alta cordillera de la meseta del altiplano (Collao), se extiende desde los 3 810 msnm hasta un poco más de 5 600 msnm. Limita por el Norte con la cuenca del río Inambari; por el Sur, con la del río Coata y Lago Titicaca; por el Este, con las de los ríos Huancane y Suches; y por el Oeste con el río Vilcanota y la cuenca del río Coata.

La cuenca del río Ramis tiene dos ríos formadores; Ayaviri y Azángaro, con sus respectivos afluentes secundarios. El área geográfica de la cuenca se encuentra entre las áreas más generosas en precipitaciones del sistema del Lago Titicaca; sin embargo, estos volúmenes se concentran en la época húmeda del periodo; el resto del año los escurrimientos superficiales llegan a valores mínimos que no cubren la demanda de riego.

La provincia de San Antonio de Puntina cuenta con numerosos ojos de aguas y manantiales. El río Putina es el principal afluente que desemboca en el Lago Titicaca con el nombre de Huancané, está en peligro por un elevado grado de contaminación.

En cuanto a la caracterización de la red hídrica de la Provincia de Sandía, ésta comprende los ríos Inambari y Tambopata, que en la parte alta se denomina Alto Inambari y Alto Tambopata, ambos tienen su origen en las partes altas de la provincia de Sandía los mismos que desembocan sus aguas en el río Madre de Dios.

La cuenca del Alto Inambari se inicia en el límite del distrito de Ituata en el lugar Esquilaya a 5,700 msnm, iniciando su curso, bajando en dirección nor este, pasando por Cuyocuyo, Sandía, Massiapo hasta Pacay Suizo, de donde gira bruscamente en dirección noroeste hacia las localidades de Isilluma, Santa Elena, Cala Pampa entre otros para luego entrar a la provincia de Carabaya.

La cuenca del Alto Tambopata se origina en los nevados de Mayos a 5 900 m.s.n.m. y discurre sus aguas en dirección Nor Oeste, pasando por los distritos de Yanahuaya, San Juan del Oro, por el centro poblado de Putina Punco, entre otros, se orienta su curso en dirección Nor Este a partir del Poblado de Pauji Playa, constituyendo en cierto sector el límite con Bolivia.

d) Población

La población de la región Puno en el 2007 fue de 1 268 441 habitantes¹³. La provincia registra una tasa de crecimiento de 1,2% como el promedio nacional, y los distritos de San Román, y San Antonio de Putina tasas de crecimiento de 1,4% y 1,8% respectivamente, mayores al promedio nacional, que significa un alto crecimiento poblacional en la zona. De otro lado, en la zona existen tasas de crecimiento negativas como en las provincias de Azángaro, Huancané y Moho, lo que se debe a la alta tasa de migración hacia zonas con mejores oportunidades de desarrollo. El distrito de Ananea registra la tasa más alta de crecimiento con 2,4%, debido a la atracción que representa la zona por la actividad minera.

e) Actividades económicas

Las principales actividades que se practican en la zona; son la agrícola, la pecuaria, la minería y la transformación a pequeña escala. De acuerdo a los pisos ecológicos que se tienen, como por ejemplo en la parte de la selva, se produce el café, cítricos, piña, papaya, plátano, etc., en la parte intermedia y alta papa, maíz, haba, olluco, llacón, etc.

¹³ Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda. V Censo de Población y Vivienda.

3.1.4 Datos Generales

Se procedió a realizar los cálculos y comparaciones correspondientes con la finalidad de demostrar porcentualmente que el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) es menos contaminante que la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico).

Cabe mencionar que el estudio ha sido realizado en el período **JUNIO-AGOSTO**, debido que las temperaturas son las más bajas, en comparación con los demás meses del año.

a) Temperatura

La Temperatura de la zona de estudio (Ti) es de 8,48 °C para el período Junio-Agosto, de acuerdo con los datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en Huancané¹⁴.

La temperatura a la cual se debe aplicar el Slurry Seal es de 25°C, según datos bibliográficos.

La Temperatura a la cual se debe aplicar la Carpeta Asfáltica es de 145°C, según datos bibliográficos.

b) Tasa de aplicación

La tasa de aplicación del Slurry Seal es 630 Ton/km².¹⁵

La tasa de aplicación de la carpeta Asfáltica es 420 Ton/km².¹⁶

c) Calor específico (Cp)

Carpeta Asfáltica: 0,45 cal/gr. °C

Slurry Seal: 0,7 cal/gr. °C

14 Datos obtenidos de la Página Web de SENAMHI.

15 Microaglomerados. Compendio de Normas y Procedimientos, en: http://www.insumosviales.com.ar/01_micro/04_docs/docs/Compendio_normas_y_procedimientos.pdf.

16 Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carretera, en: www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/eg-2000/cap4/seccion402.htm

d) Período de evaluación

El período de evaluación es de 10 años, de acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

e) Etapas de aplicación

Se consideran en la parte de producción y aplicación. La emisión que CO₂ que se genera en el transporte de la planta a proyecto, no se considera porque ambos realizan las mismas distancias.

f) Área de cada tramo de carretera.

Se detalla en el siguiente cuadro N° 10:

CUADRO N° 10 ÁREA DE CADA TRAMO DE CARRETERA

| Tramo | Longitud de Tramo (km) | Ancho de Tramo (km) | Área del Tramo (km ²) |
|--|------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 44.68 | 0.0067 | 0.299356 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 9.43 | 0.0067 | 0.063181 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 99.26 | 0.0067 | 0.665042 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 29.54 | 0.0067 | 0.197918 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 38.8 | 0.0067 | 0.25996 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 72.6 | 0.0067 | 0.48642 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 2.48 | 0.0067 | 0.016616 |

Elaboración Propia

3.1.5 Cálculo de la Cantidad de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) a Emplear

La cantidad de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) total a emplear en la carretera se calcula a partir de su tasa de aplicación: 630 tn/km². A continuación se muestra dicha cantidad por cada uno de los tramos identificados:

CUADRO N°11 CANTIDAD DE SLURRY SEAL A EMPLEAR (TON)

| Tramo | Tasa de aplicación (ton/km²) | Cant. de insumo Total (ton) |
|--|--|------------------------------------|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 630 | 188.59 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 630 | 39.80 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 630 | 418.98 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 630 | 124.69 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 630 | 163.77 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 630 | 306.44 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 630 | 10.47 |

Elaboración Propia

3.1.6 Cálculo de D-2 Requerido por el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) para su Aplicación

Se toma las siguientes consideraciones:

- El consumo de Emulsión m^3
- $60 \text{ gl}/m^3$ ó $60 \text{ gl}/100 \text{ m}^2 = 0.6 \text{ gl} / \text{m}^2$

3.1.6.1 Preparación de Emulsión en Planta

Para una capacitada de 22000 gl se consume 110 gl D-2

⇒ 0.005 gl D-2/1 gl emulsión.

Entonces la producción de emulsión asfáltica por $m^2 = 0.003 \text{ gl D-2}/1 \text{ m}^2$ Slurry Seal.

3.1.6.2 Colocación del Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

CUADRO N°12 EQUIPOS UTILIZADOS PARA COLOCACIÓN DEL SLURRY SEAL

| EQUIPO | EQUIVALENCIA | CANTIDAD |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Compresora | 1 gl/hr ó 1gl/900m ² | 0.0008 gl D-2/ 1 m ² |
| Barredora Mecánica | 1 gl/hr ó 1gl/900m ² | 0.0008 gl D-2/ 1 m ² |
| Cargador Frontal | 3.2 gl/hr ó 3.2gl/1800m ² | 0.0017 gl D-2/ 1 m ² |
| Camión Mezclador (Macropaver) | 5.2 gl/hr ó 5.2gl/1800m ² | 0.0017 gl D-2/ 1 m ² |
| | TOTAL | 0.0062 gl D-2/ 1 m² |

Elaboración propia

3.1.6.3 Preparación de la carpeta asfáltica en planta

Considerando el peso de la mezcla de 2.3 tn/m³, producción media de 140 ton/hora, espesor de la carpeta 1" o 2.5 cm y esponjamiento al 25%, donde el 1m³ de mezcla da 32 m².

CUADRO N°13 EQUIPOS UTILIZADOS PREPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN PLANTA

| EQUIPO | EQUIVALENCIA | CANTIDAD |
|-------------------|--|---|
| Planta | 3.5 gl/m ³ ó 3.5gl/ 32 m ² | 0.1094 gl D-2/ 1 m ² |
| Grupo electrógeno | 8 gl/hr ó 0.133gl/32 m ² | 0.0042 gl D-2/ 1 m ² |
| Cargador Frontal | 3.2 gl/hr ó 0.053gl/32 m ² | 0.0017 gl D-2/ 1 m ² |
| | TOTAL | 0.001153 gl D-2/ 1 m² |

Elaboración propia

3.1.6.4 Colocación de la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico)

Asumiendo que la colocación de 60 m³ de mezcla por 1 hora, se tiene la colocación de 1920 m² por una hora.

CUADRO N°14 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA COLOCACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO)

| EQUIPO | EQUIVALENCIA | CANTIDAD |
|--------------------|---|---------------------------------------|
| Volquete (4) | (4) 2.5gl/hr ó 10gl/1920 m ² | 0.0052 gl D-2/ 1 m ² |
| Compresora | 1 gl/hr ó 1gl/900 m ² | 0.0008 gl D-2/ 1 m ² |
| Barredora Mecánica | 1 gl/hr ó 1gl/900 m ² | 0.0008 gl D-2/ 1 m ² |
| Esparcidora | 2.6 gl/hr ó 2.6 gl/1920 m ² | 0.0014 gl D-2/ 1 m ² |
| Rodillo liso | 1.7 gl/hr ó 1.7 gl/3840 m ² | 0.0004 gl D-2/ 1 m ² |
| Rodillo Neumático | 1.8 gl/hr ó 1.7 gl/3840 m ² | 0.0005 gl D-2/ 1 m ² |
| | TOTAL | 0.0091 gl D-2/ 1 m² |

Elaboración propia

**CUADRO N°15 CANTIDAD DE CALOR QUE REQUIERE SLURRY SEAL
(CAL)**

| Tramo | Masa (ton) | Calor (Cal) |
|--|-------------------|--------------------|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 188.59 | 2 180 904 254 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 39.80 | 460 293 802.9 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 418.98 | 484 5043 783 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 124.69 | 144 189 5964 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 163.77 | 1 893 891 787 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 306.44 | 3 543 725 354 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 10.47 | 121 052 877.1 |

Elaboración Propia

3.1.7 Cálculo de la cantidad de combustible a emplear para calentar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal).

Teniendo el dato del calor que requiere el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) para ser aplicado, se puede calcular la masa de combustible necesario. Para este cálculo también aplicamos la fórmula:

$$Q = m \cdot C_p (T_f - T_i)$$

Dónde:

Q: Calor que requiere el combustible

m: Masa de insumo a calentar

C_p: Calor específico del insumo a calentar

T_f: Temperatura a la cual debemos llevar el insumo

T_i: Temperatura ambiental de la zona

Teniendo en cuenta lo anterior, los resultados son los siguientes:

CUADRO N°16 CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE REQUIERE SLURRY SEAL (GR)

| Tramo | Calor (Cal) | Cant. Combustible (gr) |
|--|--------------------|-------------------------------|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 2180904254 | 67 978.37 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 460293802.9 | 52.57 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 4845043783 | 553.37 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 1441895964 | 164.68 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 1893891787 | 216.31 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 3543725354 | 404.74 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 121052877.1 | 13.83 |

Elaboración Propia

3.1.8 Cálculo de la cantidad de CO₂ generado por calentar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) empleando como combustible petróleo

Para el cálculo de la cantidad de CO₂ generado, empleamos la siguiente ecuación estequiométrica:



Sobre la base de dicha ecuación, se determina la siguiente relación:

Cantidad de CO₂ generado = (Cant. de comb. (gr) x 352 gr de CO₂)/114 (gr) C₈H₁₈.

De acuerdo con lo anterior, se tienen los siguientes resultados:

CUADRO N° 17 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ - SLURRY SEAL (GR)

| Tramo | Cant. de insumo Total (ton) | Cant. Total de combustible (gr) | Cant. Total de CO₂ generado (gr) |
|--|------------------------------------|--|--|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 188.59 | 67978.37 | 209 898.14 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 39.80 | 52.57 | 162.33 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 418.98 | 553.37 | 1708.64 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 124.69 | 164.68 | 508.49 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 163.77 | 216.31 | 667.89 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 306.44 | 404.74 | 1249.72 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 10.47 | 13.83 | 42.69 |

Elaboración Propia

3.1.9 Cálculo de la cantidad de CO₂ generado por calentar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) con petróleo en un período de 10 años

Teniendo en cuenta que la duración del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) es duración de 5 años; se detallan los siguientes resultados:

CUADRO N° 18 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ – PERÍODO DE 10 AÑOS (GR)

| Tramo | Cant. Total de CO ₂ generado (gr) | Tiempo de duración del proyecto (años) | Cant. de CO ₂ generado en un período de 10 años (gr) |
|--|--|--|---|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 209 898.14 | 10 | 419 796.28 |
| Dv. Huancané (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 162.33 | 10 | 324.65 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 1 708.64 | 10 | 3 41727 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 508.49 | 10 | 1 016.99 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 667.89 | 10 | 33579 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 1 249.72 | 10 | 2 49944 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 42.69 | 10 | 85.38 |
| TOTAL | | | 1 071 189.47 |

Elaboración Propia

Cabe mencionar que el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) requiere ser aplicado cada 5 años; es decir, en un período de 10 años, se deberá aplicar 2 veces; por lo tanto, la cantidad de CO₂ que se emitirá para un período de 10 años se duplicará.

Hasta el momento se han realizado los cálculos correspondientes a la aplicación del Mortero Asfáltico (Slurry Seal). A continuación se realizarán los cálculos para

la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) para posteriormente realizar las comparaciones correspondientes.

3.1.10 Cálculo de Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) a emplear

La cantidad de Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) total a emplear en la carretera se calcula a partir de su tasa de aplicación: 420 ton/km². A continuación se muestra dicha cantidad por cada uno de los tramos identificados:

CUADRO N° 19 CANTIDAD DE CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO) A EMPLEAR (TON)

| Tramo | Tasa de aplicación (ton/km ²) | Cantidad de insumo Total (ton) |
|--|---|--------------------------------|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 420 | 125.73 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 420 | 26.54 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 420 | 279.32 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandía (Km. 171+200) | 420 | 83.13 |
| Sandía (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 420 | 109.18 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 420 | 204.30 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 420 | 6.98 |

Elaboración Propia

3.1.11 Cálculo del calor que requiere la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) para ser aplicado

Para calcular la cantidad de combustible, se debe calcular previamente la cantidad de calor necesario empleando la siguiente fórmula:

$$Q = m \cdot C_p (T_f - T_i)$$

Dónde:

Q: Calor que requiere el combustible

m: Masa de insumo a calentar

C_p: Calor específico del insumo a calentar

T_f: Temperatura a la cual debemos llevar el insumo

T_i: Temperatura ambiental de la zona

Teniendo en cuenta la aplicación de esa fórmula, se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO N° 20 CANTIDAD DE CALOR QUE REQUIERE LA CARPETA ASFÁLTICA (CAL)

| Tramo | Masa (ton) | Masa (g) | Calor (Cal) |
|--|------------|----------------|-------------------|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 125.73 | 125 729 520.00 | 7 724 067 331.68 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 26.54 | 26 536 020.00 | 1 630 213 852.68 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 279.32 | 279 317 640.00 | 17 159 599 895.76 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 83.13 | 83 125 560.00 | 5 106 735 653.04 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 109.18 | 109 183 200.00 | 6 707 560 708.80 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 204.30 | 204 296 400.00 | 12 550 745 037.60 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 6.98 | 6 978 720.00 | 428 730 684.48 |

Elaboración Propia

3.1.12 Cálculo de la cantidad de combustible a emplear para calentar la Carpeta Asfáltica

Teniendo el dato del calor que requiere la Carpeta Asfáltica para ser aplicado, se puede calcular la masa de combustible necesario. Para este cálculo también aplicamos la fórmula:

$$Q = m \cdot C_p (T_f - T_i)$$

Dónde:

Q: Calor que requiere el combustible

m: Masa de insumo a calentar

Cp: Calor específico del insumo a calentar

Tf: Temperatura a la cual debemos llevar el insumo

Ti: Temperatura ambiental de la zona

Teniendo en cuenta lo anterior, los resultados son los siguientes:

CUADRO N° 21 CANTIDAD DE COMBUSTIBLE PARA CARPETA ASFÁLTICA (GR)

| Tramo | Calor (Q) | Masa (gr) |
|--|----------------|---------------|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 7 724 067 332 | 1 989 603.155 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 1 630 213 853 | 419 918.4814 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 17 159 599 896 | 4 420 053.92 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandía (Km. 171+200) | 5 106 735 653 | 1 315 418.021 |
| Sandía (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 6 707 560 709 | 1 727 766.392 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 12 550 745 038 | 3 232 882.476 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 428 730 684.5 | 110 434.5529 |

Elaboración Propia

3.1.13 Cálculo de la cantidad de CO₂ generado por calentar la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) empleando como combustible D-2

Para el cálculo de la cantidad de CO₂ generado, empleamos la siguiente ecuación estequiométrica:



Sobre la base dicha ecuación se determina la siguiente relación:

Cantidad de CO₂ generado = (Cant. de comb. (gr) x 352 gr de CO₂)/114 (gr) C₈H₁₈

Teniendo en cuenta lo anterior, se tienen los siguientes resultados:

CUADRO N° 22 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ POR CARPETA ASFALTICA

| Tramo | Cant. de insumo Total (ton) | Cant. Total de combustible (gr) | Cant. Total de CO ₂ generado (gr) |
|--|-----------------------------|---------------------------------|--|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 125.73 | 1 989 603.15 | 6 143 336.06 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 26.54 | 419 918.48 | 1 296 590.40 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 279.32 | 4 420 053.92 | 13 647 885.79 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 83.13 | 1 315 418.02 | 4 061 641.61 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 109.18 | 1 727 766.39 | 5 334 857.63 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 204.30 | 3 232 882.48 | 9 982 233.61 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 6.98 | 110 434.55 | 340 990.90 |

Elaboración Propia

**3.1.14 Cálculo de la cantidad de CO₂ generado por calentar la Carpeta
Asfáltica (cemento asfáltico) con D-2 en un período de 10 años**

Los resultados son los siguientes:

**CUADRO N° 23 CANTIDAD DE EMISIÓN DE CO₂ POR LA CARPETA
ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO) – PERÍODO DE 10 AÑOS**

| Tramo | Cant. Total de CO₂ generado (gr) | Tiempo de duración del proyecto (años) | Cant. de CO₂ generado en un período de 10 años (gr) |
|--|--|---|---|
| Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 6 143 336.06 | 10 | 6 143 336.06 |
| Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 1 296 590.40 | 10 | 1 296 590.40 |
| Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 1 3647 885.79 | 10 | 13 647 885.79 |
| Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 4 061 641.61 | 10 | 4 061 641.61 |
| Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 5 334 857.63 | 10 | 5 334 857.63 |
| Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 9 982 233.61 | 10 | 9 982 233.61 |
| San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 340 990.90 | 10 | 340 990.90 |
| TOTAL | | | 40 807 536 |

Elaboración Propia

CAPITULO IV.

4.1 ANÁLISIS

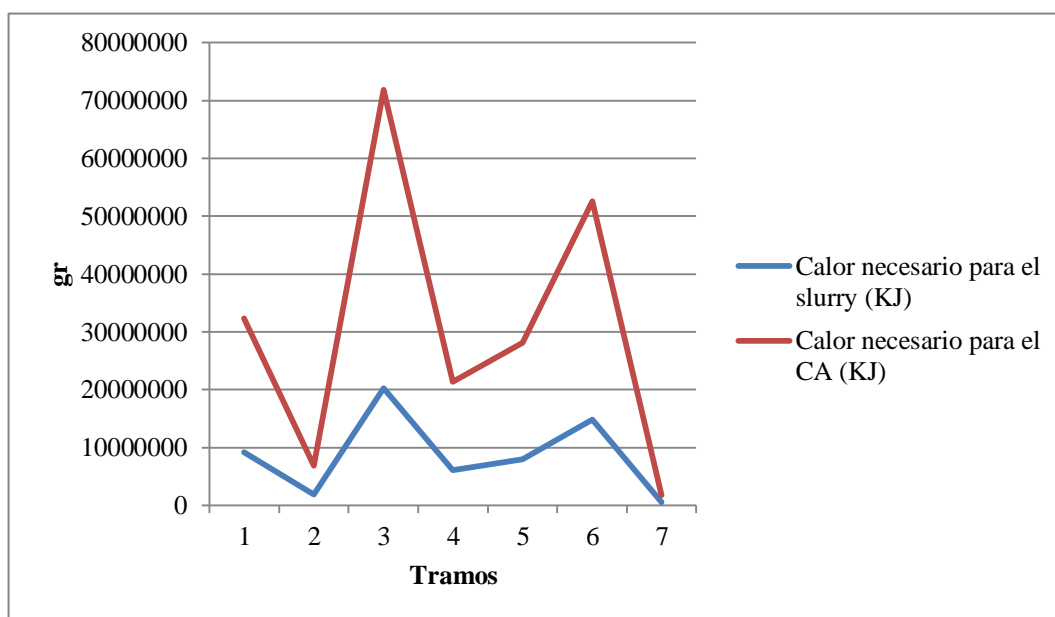
4.1.1 Cuadros Comparativos

A continuación se presentan los cuadros comparativos realizados para mostrar las diferencias entre el uso del Slurry Seal y la carpeta Asfáltica (Cemento Asfáltico).

CUADRO N° 24 CUADRO COMPARATIVO: SLURRY SEAL VS. CARPETA ASFÁLTICA (CEMENTO ASFÁLTICO)

| N° de Tramo | Tramo | Cantidad de slurry (ton) | Cantidad de CA (ton) | Cant. Total de combustible para slurry | Cant. Total de combustible para CA | Cant. Total de CO2 generado por slurry | Cant. Total de CO2 generado por CA | Cant. De CO2 generado en un período de 10 años por Slurry | Cant. De CO2 generado en un período de 10 años por CA |
|-------------|--|--------------------------|----------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|---|---|
| 1 | Juliaca (Km. 4+520) –Dv. Huancané (Km. 49+200) | 188.59 | 125.73 | 67978.37 | 1989603.15 | 209898.14 | 6143336.06 | 419796.28 | 6143336.06 |
| 2 | Dv. Huancane (49+200) – Huancané (Km. 58+630) | 39.80 | 26.54 | 52.57 | 419918.48 | 162.33 | 1296590.40 | 324.65 | 1296590.40 |
| 3 | Putina (42+400) – Cuyo Cuyo (Km. 141+660) | 418.98 | 279.32 | 553.37 | 4420053.92 | 1708.64 | 13647885.79 | 3417.27 | 13647885.79 |
| 4 | Cuyo Cuyo (Km. 141+660) – Sandia (Km. 171+200) | 124.69 | 83.13 | 164.68 | 1315418.02 | 508.49 | 4061641.61 | 1016.99 | 4061641.61 |
| 5 | Sandia (171+200) – Quiquira (Km. 210+000) | 163.77 | 109.18 | 216.31 | 1727766.39 | 667.89 | 5334857.63 | 1335.79 | 5334857.63 |
| 6 | Quiquira (210+000) – San Ignacio (Km. 282+600) | 306.44 | 204.30 | 404.74 | 3232882.48 | 1249.72 | 9982233.61 | 2499.44 | 9982233.61 |
| 7 | San Ignacio (Km. 282+600) – Curva Alegre (Km. 285+080) | 10.47 | 6.98 | 13.83 | 110434.55 | 42.69 | 340990.90 | 85.38 | 340990.90 |

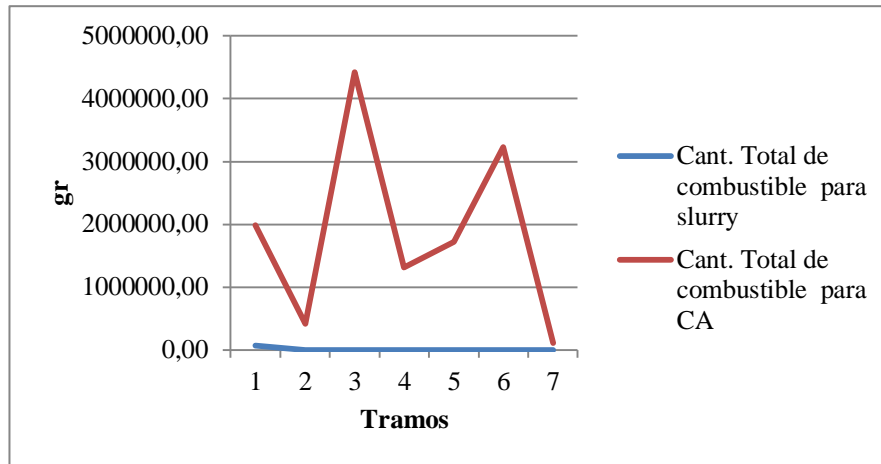
**GRAFICO N°1. CANTIDAD DE CALOR DE SLURRY SEAL (KJ) VS.
CANTIDAD DE CALOR DE LA CARPETA ASFÁLTICA (KJ)**



Elaboración Propia

De acuerdo con la gráfica anterior, se observa que la Carpeta Asfáltica requiere mayor cantidad de calor que el Slurry Seal; esto se debe a que el Carpeta Asfáltica se aplica a una T° de 145°C , la cual es mayor a la T° de aplicación del Slurry Seal (25°C).

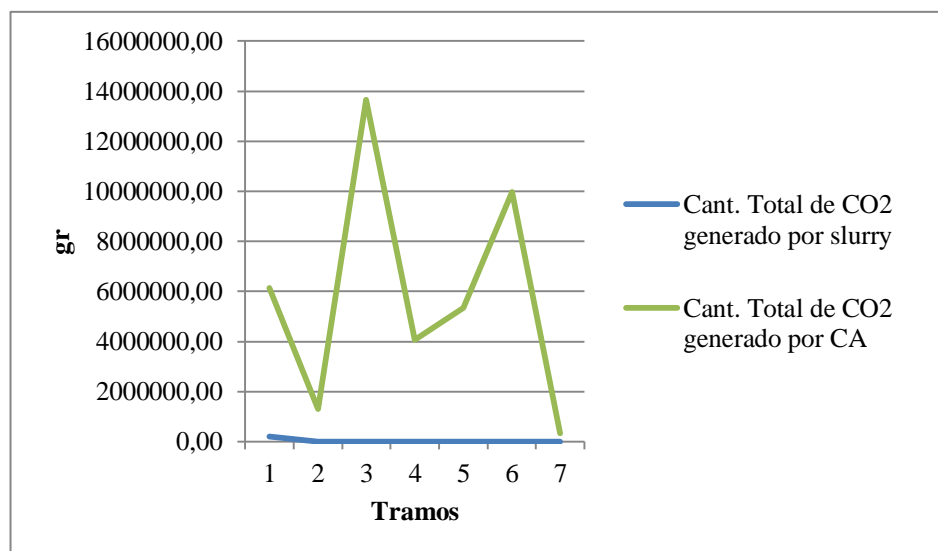
GRAFICO N°2. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DEL SLURRY SEAL VS. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE DE CARPETA ASFÁLTICA



Elaboración Propia

En el gráfico se aprecia el comportamiento del consumo de D-2 entre el Slurry Seal y la Carpeta Asfáltica.

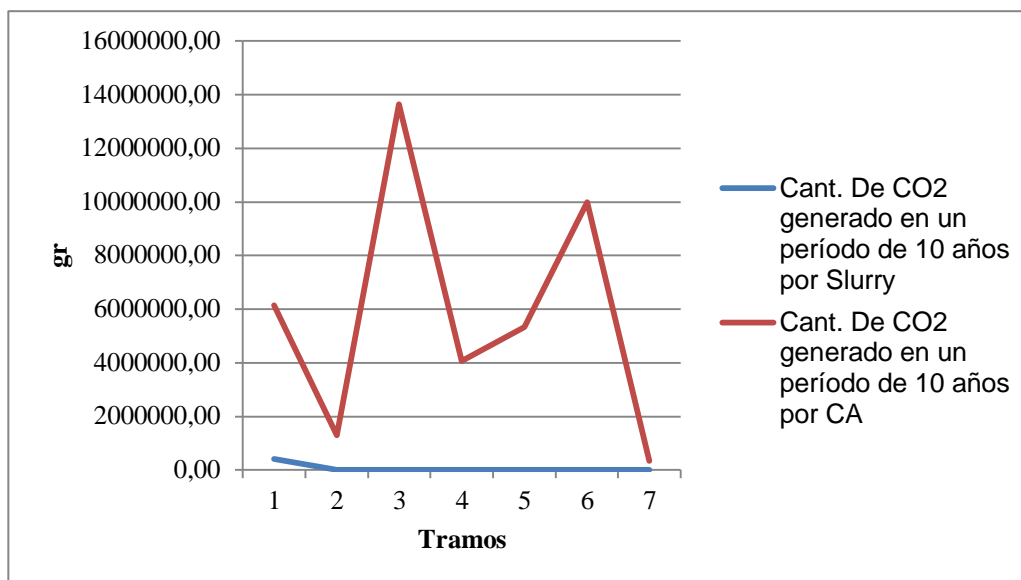
GRÁFICO N°3. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR SLURRY SEAL VS. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR CARPETA ASFALTICA



Elaboración Propia

De acuerdo con la gráfica anterior, se observa que el uso de Carpeta Asfáltica genera mayor cantidad de CO₂ que el Slurry Seal, debido a que la Carpeta Asfáltica requiere mayor cantidad de combustible.

GRAFICO N°4. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR SLURRY SEAL VS. CANTIDAD TOTAL DE CO₂ GENERADO POR CARPETA ASFÁLTICA, EN UN PERÍODO DE 10 AÑOS



Elaboración Propia

En la gráfica anterior se muestra la generación de CO₂ en un período de 10 años, tanto para el uso del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) como para la Carpeta Asfáltica. Como se observa, la generación de CO₂ en ese período es mucho mayor para el caso del Carpeta Asfáltica como para el Mortero Asfáltico (Slurry Seal). Cabe mencionar que el Carpeta Asfáltica tiene una duración de 10 años a diferencia del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) que es de 5 años; sin embargo, a pesar de esta situación, el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) durante ese período genera menores cantidades de CO₂ en comparación con la Carpeta Asfáltica.

A continuación se presentan los resultados de los cálculos efectuados:

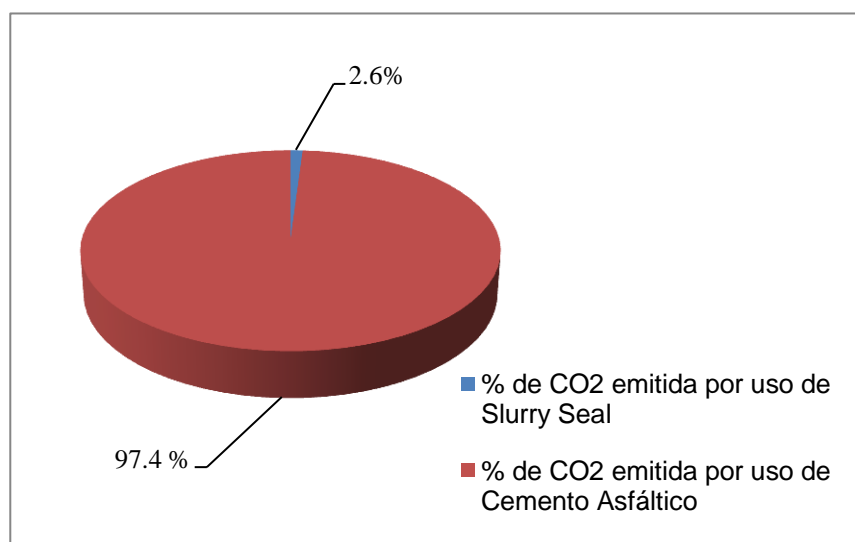
CUADRO N°25 RESULTADOS FINALES

| Cant. de Total de CO ₂ emitida por uso de Slurry Seal | Cant.Total de CO ₂ emitida por Carpeta Asfáltica | Cant. Total de CO ₂ emitida por Slurry Seal y Carpeta Asfáltica | % de CO ₂ emitida por uso de Slurry Seal | % de CO ₂ emitida por uso de Carpeta Asfáltica. |
|--|---|--|---|--|
| 1071189.47 | 40 807 536.00 | 41 236011.8 | 2.6 | 97.4 |

Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro anterior, el porcentaje de CO₂ generado por el Carpeta asfáltica (97.4 %) es mucho mayor que el porcentaje de CO₂ generado por Slurry Seal (2.6 %).

GRAFICO N° 5. RESULTADOS FINALES



Elaboración Propia

En la gráfica, se puede visualizar con mayor claridad, la amplia diferencia que existe entre la generación del CO₂ por la Carpeta Asfáltica y el Slurry Seal.

4.2 RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la obtención del resultado, se tomó en cuenta la aplicación del calor específico de ambos componentes, siendo la diferencia de temperaturas de aplicación las que determinan la cantidad de combustible a utilizar.

Considerando las mismas condiciones de aplicación, la Carpeta Asfáltica emite 38 veces más CO₂ al medio ambiente que el Mortero Asfáltico (Slurry Seal). En la habilitación de vías de bajo tránsito.

En el cuadro N° 25, se demuestra la cantidad total de CO₂ emitida por Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico), es de 41, 878,275.47, en base a este dato se determina la diferencia porcentual de emisión de CO₂, entre el Slurry Seal y Carpeta Asfáltica.

En la gráfica N° 5 se aprecia la diferencia de la emisión de CO₂ entre el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) es bastante amplia, y es mayor la generación de CO₂ por el uso del Carpeta Asfáltica (97.4%) que por el uso de Mortero Asfáltico Slurry Seal (2.6%), considerando un período de 10 años, de acuerdo con la recomendación del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, y teniendo en cuenta que el mantenimiento de carreteras con la Carpeta Asfáltica se realiza cada 10 años y cada 5 años en el caso del Slurry Seal.

4.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo a la hipótesis planteada se analizan las variables intervinientes, y se demuestra que la diferencia porcentual entre el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico), aplicada en las vías de bajo tránsito en el noreste de la ciudad de Puno. Concuenda con el porcentaje identificado por cada producto tanto como el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico).

CONCLUSIONES

- Con la presente investigación se determinó la cantidad de CO₂ emitida por el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) y por la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico) en la etapa de producción, cuyo resultado fue que la emulsión de CO₂ es mayor por la aplicación de la Carpeta Asfáltica (97.4%) que por el uso de Mortero Asfáltico Slurry Seal (2.6%).
- De los resultados obtenidos, queda demostrado que las emulsiones combinadas en el caso del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) es un insumo que emite CO₂, 38 veces menos que la carpeta Asfáltica (cemento asfáltico), por lo tanto se recomienda su aplicación en vías de bajo tránsito, desde un punto ambiental.
- Desde el punto de vista del crecimiento sostenible y desde la necesidad de encontrar sistemas y tecnologías de construcción amigables con el medio ambiente, el uso de Mortero Asfáltico (Slurry Seal), como tratamiento de renovación superficial de los pavimentos, muestra una eficiencia importante, bajo el aspecto técnico, económico y ecológico.
- La eficiencia ecológica consiste en que se requiere menor cantidad de energía y por ende menor cantidad de combustible, de esta manera las emisiones de CO₂ son menores en comparación con la Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico).
- Otro aspecto importante que resaltar es que el uso de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) minimiza los costos relativos a la instalación, movilización, desmovilización, montajes y desmontajes de plantas para la producción de mezclas asfálticas en caliente, debido a que el equipo básico (micropavimento) se pueden movilizar fácilmente hacia cualquier zona de producción y colocación de la misma.

RECOMENDACIONES

- Emplear el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) para su aplicación en vías de bajo volumen de tránsito, puesto que se ha comprobado que genera menor cantidad de CO₂ a diferencia del Carpeta Asfáltica (cemento asfáltico).
- Realizar investigaciones en las cuales se pueda demostrar la efectividad del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) no solo desde el punto de vista ecológico sino también desde el punto de vista técnico.
- Incentivar la realización de normas que fomenten el uso del Mortero Asfáltico (Slurry Seal), teniendo en cuenta que su uso es favorable para minimizar la problemática ambiental actual, sobre todo por el tema del cambio climático.
- Plantear a las organizaciones internacionales el reconocimiento de bonos de carbono, por el uso del diseño de la mezcla con Mortero Asfáltico (Slurry Seal), en la aplicación de vías de bajo tránsito.
- Ajustar los factores de la fórmula estequiométrica, con la finalidad que apliquen en actividades que se encuentran enmarcadas en altitudes mayores a 2800 msnm y teniendo en cuenta las temperaturas del ambiente

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes Bibliográficas

- Calle, J. Coello, J. & Castro, P. (2005), “*Opciones para la producción de Slurry*”. Mosaico Cient, vol.2, no.2, PP.69-77. ISSN 1817-8391.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007). Especificaciones Técnicas Generales para la conservación de Carreteras, aprobado por resolución directoral N°0501-2007-MTC/14 del 27 de agosto del año 2007.
- Plantas para producción de Morteros asfálticos (2006) Rev. Soc. Quím. Perú, vol.72, no.1, PP.44-48. ISSN 1810-634X.
- Información del proyecto Carretera “Servicio Gestión y Conservación Vial por Nivel de Servicio Juliaca – Huancané Moho – Tilali – Frontera Bolivia y Dv. Huancane - Putina – Sandía – San Ignacio”, proporcionada por la empresa Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A. – ICCGSA.
- ASTM, (2002). Normas C 136, CI 157, D 244, D 6997, D 6934, D 36, 2397, D 140, 2170, D 2419, C 88, C 131, C 136.
- International Slurry Surfacing Association (ISSA), (1990). TB-139, TB-109, TB-114, TB-100, TB-113.
- SSA, (2001). Recommended Performance guidelines for emulsified Asphalt Slurry Seal, A 105, PP. 1-16.
- Soon, W., Baliunas, S. (2003) “Proxy climatic and environmental changes of the past 1000 years”, Climate Research, Vol. 23. PP. 89-110.

Páginas Web:

- Página Web de SENAMHI, (recuperado el 01 de diciembre de 2012).
- Microaglomerados. Compendio de Normas y Procedimientos, en: http://www.insumosviales.com.ar/01_micro/04_docs/docs/Compendio_normas_y_procedimientos.pdf. (recuperado el 01 de diciembre de 2012)

- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carretera, en: www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/eg-2000/cap4/seccion402.htm (recuperado el 10 de diciembre de 2013).
- BOLETÍN DE LA OMM (f.s): “*Sobre los Gases de Efecto Invernadero*”. fecha de acceso: 15 de septiembre de 2014, URL disponible en: <http://calentamientoglobalclima.org/category/emisiones/> y http://www.wmo.int/pages/documents/ghg-bulletin_10_es.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-------------------|--|
| ISSA: | International Slurry Surfacing Association |
| Cm | Centímetro |
| Cm ² | Centímetro cuadrado |
| cSt | Centistokes indica viscosidad cinemática (100cSt=1cm ² /s) |
| Cpm | Ciclos por minuto |
| °C | Grado centígrado |
| g | Gramos |
| HP | Horse Power, caballos de potencia |
| XX° | Indica grados |
| Kg | Kilogramo |
| Km | Kilómetro |
| kPa | Kilopascal, unidad de presión |
| ± | Más – menos, significa toleran |
| m ² | Metro cuadrado |
| ml | Mililitro |
| mm | Milímetro |
| % | Porcentaje |
| pH : | Potencial de hidrógeno |
| RPM : | Revoluciones por minuto |
| S : | Segundo(s) |
| CO ₂ : | Dióxido de carbono |
| CA: | Cemento Asfáltico |
| Cal: | Calorías |
| CMNUCC: | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático |
| Cp: | Calor específico |

| | |
|-------------------|--|
| EIAs: | Estudios de Impacto Ambiental |
| FONAMPERU: | FONDO NACIONAL DE AMBIENTE |
| HC: | Hidrocarburos |
| KJ: | Kilo Jules |
| MEF: | Ministerio de Economía y Finanzas |
| MTC: | Ministerio de Transportes y Comunicaciones |
| NO ₂ : | Dióxido de Nitrógeno |
| ONU: | Organización de las Naciones Unidas |
| PAMAs: | Programas de Adecuación de Manejo Ambiental |
| PNUD: | Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo |
| SENAMHI: | Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología |
| Ton: | Toneladas |

ANEXO 2

RESULTADOS DE INFORME TÉCNICO DE DERRAME DE SLURRY SEAL EN LA CARRETERA - REFERENCIA

1. EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS

1.1 ANALISIS DE UN DERRAME EN UN ECOSISTEMA PLUVIAL

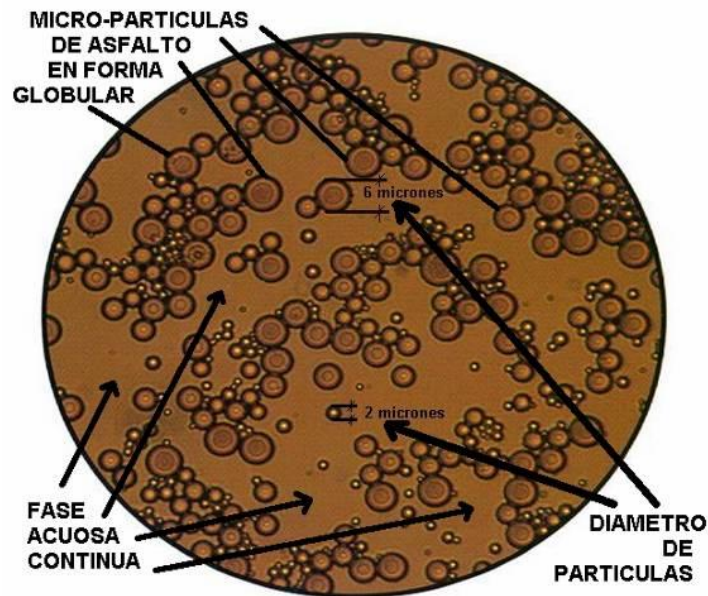
El presente informe se elabora a solicitud del Consorcio Gestión de Carreteras, para explicar el comportamiento del derrame de emulsión ocurrido en el río Alis, tributario del río Cañete, el 11 de Sept 2009, aproximadamente en el Km 173 de la carretera Cañete-Chupaca.

1.1.1 Antecedente en tecnología

Las emulsiones asfálticas catiónicas, se definen como la dispersión mecánica de micro-partículas de la Carpeta Asfáltica dentro de una matriz acuosa electro-positivamente estabilizada. Su producción se efectúa a través de un molino coloidal bajo parámetros térmicos, para que posteriormente y una vez en su correspondiente almacenamiento, al bajar su dinámica térmica se puedan manejar a temperatura ambiente y ser aplicadas como ligantes en riegos o mezclas con materiales pétreos.

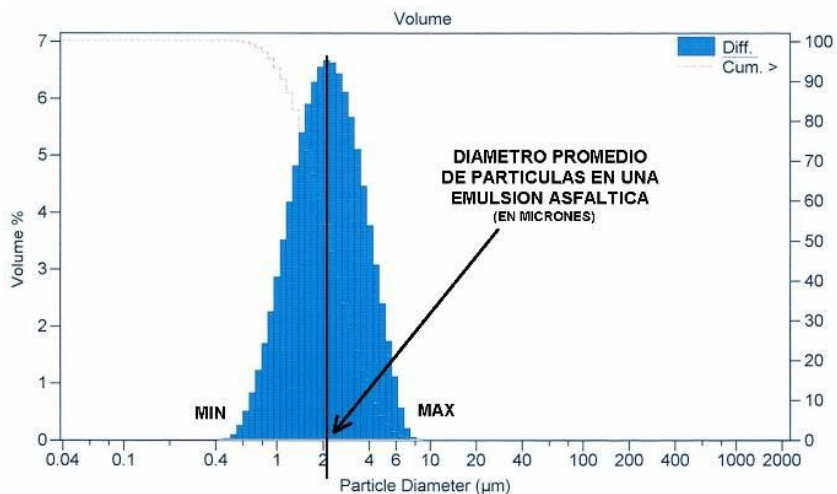
El tamaño y distribución de las micro-partículas de asfalto (*ver micro-fotografía inferior*) está condicionado para el uso en aplicaciones viales, bajo estrictamente controlados porcentajes de humedad. Desde que su manejo es a temperatura ambiente, la adhesión de las emulsiones será efectiva sobre materiales secos de tal manera que solamente en estas condiciones se logra su curado (fraguado) y el asfalto ya actuará como un ligante sólido – es decir – si existiera una humedad controlada ellas desarrollan una deposición química para expulsar la fase acuosa intermedia. Sin embargo si existiera un exceso de humedad las emulsiones se dispersan indefinidamente y si existiera un flujo de agua la dispersión continúa indefinidamente hasta su completa y total dispersión sin afectar un ecosistema.

GRAFICA DE MICRO-FOTOGRAFIA DE UNA GOTA DE EMULSION ASFÁLTICA



Las emulsiones asfálticas son una dispersión agua en aceite, y el comportamiento de las micro-partículas de asfalto en relación a su diámetro (ver grafica adjunta de tamaño y dispersión) se producen con una medida promedio de 2 - 3 μm (micrones). Pero lo más importante está en el hecho de que cada una de las micro-partículas es un glóbulo perfecto con paredes formadas durante la dispersión en el molino coloidal.

GRAFICA DE TAMAÑO Y DISTRIBUCION DE PARTICULAS



Entendiendo este proceso no como micro-partículas sólidas sino por el mismo proceso coloidal, estas partículas durante la dispersión son producidas como micro-partículas globulares que en su interior tienen una fase acuosa con las mismas características de la fase acuosa que las rodea, y por esta razón en particular ellas tienden a mantener una estabilidad. Dichos glóbulos son producidos bajo una acción de corte dentro del par rotor-estator como partes componentes del molino coloidal en presencia de un producto emulsificante de origen vegetal y un estabilizador orgánico.

Analizando el caso específico de un derrame sobre un lecho pluvial, las emulsiones asfálticas tenderán a flotar sobre la superficie del flujo del río, como fue explicado en párrafo anterior las micro-partículas al ser globulares sus paredes expulsarán el agua contenida dentro de los micro-glóbulos reduciendo su tamaño al continuar en el flujo de agua del río. Como consecuencia de la pérdida de equilibrio entre la fase acuosa original al incorporarse agua del flujo fluvial.

Basados en esta acción las pequeñísimas partículas continuarán dispersándose hasta encontrar una superficie activa seca lo cual por las características dentro del flujo fluvial es poco probable, por lo que en cada recodo del río se intentarán reagruparse y de esta manera adherirse a las márgenes con rocas expuestas o superficies de arcilla/arena.

La dispersión asfáltica continuará su dilución indefinidamente sin provocar daño alguno al medio ambiente, en caso de adhesión las partículas ya diluidas contribuirán al crecimiento de la flora adyacente a las márgenes de río.

1.1.2 Características de las emulsiones asfálticas catiónicas

La composición químico-física de las emulsiones asfálticas catiónicas tiene elementos que por sus características son amigables al ambiente, la materia prima incluye un producto denominado emulsificante que se adiciona en la fase acuosa para proveer la propiedad electro-positiva en las micro partículas

y éstas puedan lograr una estabilidad controlada hasta su combinación con un material pétreo seco. El emulsificante es una molécula producida con resinas vegetales y/o grasas aminas vegetales, está compuesto por una base nitrogenada la cual también es un fertilizante cuyo nitrógeno coadyuva en cultivos orgánicos de plantas además potencia semillas agrícolas para su crecimiento. El emulsificante (R-NH₂) como parte componente de las emulsiones, con su propiedad fertilizante tiene una ventaja que es aprovechada en países como USA, Francia, Alemania, Suecia, Noruega, etc. en el crecimiento de césped en los carriles de circulación así como fertilizante usado para el crecimiento de vegetación y evitar erosión en taludes.

Es común en Norteamérica la siembra de semillas cubiertas con emulsiones asfálticas con fines de conservación de zonas donde la erosión presenta graves problemas de derrumbes.

Las emulsiones asfálticas encapsulan la semilla cubriéndola con una pequeñísima capa de ligante asfáltico nitrogenado, donde inicialmente esta capa encapsula la semilla, evitando la pérdida de esta mínima cantidad de humedad durante el día donde los rayos solares inciden intentando secar esta humedad, por el contrario incrementando las posibilidades de crecimiento además por actividad de fertilización debido a la nitrogenación.

1.1.3 Posibilidades de cuantificación del derrame.

La cantidad de asfalto puro como agente contaminante es mínima, debido a que las emulsiones contienen típicamente del 60 – 62 % de la Carpeta Asfáltica – es decir, solo este porcentaje pudiera impactar ambientalmente al medio fluvial de manera temporal.

Si el derrame de la emulsión asfáltico es de flujo lento, en caso que la cisterna del camión accidentado haya liberado de manera lenta la emulsión asfáltica, el impacto visual es hasta cierto punto controlado ya que la dilución será más efectiva y su repercusión no será notoria.

Si el derrame es de flujo rápido será más notorio y en este caso llegará la mancha negra/gris oscura a mayor distancia del punto del derrame.

Para efectos de cálculo del derrame la cantidad vertida del asfalto puro por minuto se dividirá en entre el flujo fluvial por minuto para conocer el porcentaje del impacto al ecosistema.

EJEMPLO: Si se derraman 45 lts/min y el flujo fluvial es de 360,000 lts/min entonces se tendrá una relación final de 0.000125 de adición de un asfalto en el flujo fluvial inmediato (al contacto con el agua) y se reducirá continuamente hasta alcanzar una dispersión tal que se torna inofensiva a un ecosistema.

Las emulsiones asfálticas catiónicas al combinarse (diluirse) con agua siempre tenderán a flotar debido a las características globulares arriba detalladas, por lo que no contaminará los lechos fluviales y la fauna silvestre o de cultivo fluvial no será alcanzada en las partes bajas del flujo.

1.1.4 Solución inmediata y reducción posible del impacto ambiental.

Las emulsiones asfálticas tienen un color negro durante su estado líquido, si existiera una alteración de la fase acuosa por la presencia del agua del río, cambiarán a color café oscuro.

Ahora bien, la mancha creada por el derrame de la emulsión asfáltica una vez llegue al flujo fluvial y entre en contacto con el agua como lo hemos detallado en párrafos anteriores, inicia una dilución irreversible. La mancha negra continuará degradando su color indefinidamente y dependiendo de la cantidad derramada podemos asegurar que su viaje no será de larga distancia debido a que tenderá a diluirse.

La acción inmediata a ejecutar para remediar este impacto visual del derrame, será inspeccionar en los recodos del río eliminando las acumulaciones de color negro/gris oscuro que pudiesen presentarse, cubriéndolas con mantas de fibra vegetal para absorberlas, o bien sacando

con palas, cantidades de materia negra/gris oscura hacia las zonas donde la vegetación pueda recibir esta emulsión diluida para aprovechar las propiedades fertilizantes.

1.2 CONCLUSIÓN

El derrame de una emulsión asfáltica catiónica en un río, afortunadamente no llega a alcanzar dimensión como daño a un ecosistema.

Por un lado las emulsiones asfálticas desde su invención allá por los años 1928, ha sido la mejor alternativa para la conservación y construcción de vías de comunicación desde entonces.

Pero por otro lado lo mejor de las emulsiones asfálticas catiónicas radica en los beneficios que entregan a la humanidad debido a que no producen contaminación, porque al lograr su curado solo expulsan agua a la atmosfera, son aplicadas a temperatura ambiente, son económicas porque su producción se evita grandes usos de energía térmica, en caso de contacto accidental solo lavando con agua se limpia, no producen contaminación como en este caso en lechos ni flujos fluviales y además de todo ello en caso necesario ayudan como fertilizante en plantas y flora en general.

La limpieza del área en contacto con los residuos se efectúa de manera sencilla y el agua la diluye para eliminar cualquier indicio de contaminación visual.

En resumen la tecnología de las emulsiones asfálticas catiónicas es la mejor alternativa desde el punto de vista ambiental, adicionalmente los beneficio que entregan para la construcción de vías son inmejorables porque en su composición está presente el agua y al ser una dispersión coloidal su uso es y será el mejor elemento que como ligante de materiales en Ingeniería Industrial, Civil y Vial.

Incluso existen avances en remediación de materiales contaminados con productos ambientalmente peligrosos bajo procedimientos de encapsulación con emulsiones asfálticas solucionando todo tipo de contaminación.

Las emulsiones asfálticas catiónicas son una tecnología completa, no son un producto asfáltico mas tienen características únicas que lo hacen amigable al medio ambiente.

Quedo a vuestra disposición para cualquier aclaración al respecto.

Sinceramente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ray Saucedo', is centered on a light gray background.

Ray Saucedo

Salina, KS. 67401 – U. S. A.

Móvil + 1 (785) 820-0373

E-mail: ray.saucedo@gmail.com

ANEXO 3

REGISTRÓ DE PROCESO DE MUESTRA.

Luego de haber realizado todos los ensayos normados correspondientes para agregados usados en el estabilizado con emulsión y obtenidos los resultados de cada ensayo, se procede a la producción y extracción del agregado para su uso en el estabilizado con emulsión, en el proyecto se utilizó la Cantera del km 56+200.

Se realiza la clasificación del material de la cantera del Km 56+200. Para usarlo en el ensayo del CBR.



Se determina la humedad óptima del material de la cantera del Km 56+200. para usarlo como dato en el ensayo del CBR.



Se Realiza el Ensayo del CBR del Material de la Cantera del Km 56+200. Los resultados se verifican con las Normas.



Se Realiza el Ensayo del CBR del Material de la Cantera del Km 56+200. Los resultados se verifican con las Normas.



Se Realiza la Explotación y Producción del Material de la Cantera del Km 56+700. Se hace controles según Normas



Se Realiza la Explotación y Producción del Material de la Cantera del Km 56+700. Se hace controles según Normas



ANEXO 4

APLICACION DEL MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL):

❖ **Para la aplicación se tiene que realizar:** en primer lugar determinar la cantera óptima que cumpla con todos los parámetros señalados en las **Especificaciones Técnicas Generales** para carreteras, realizado los ensayos correspondientes, se determinó que la Cantera del km 42+400. Los resultados obtenidos tanto en granulometría, equivalente de arena son comparados con los parámetros establecidos en las normas ya mencionadas hace que nuestros insumos como es el agregado cumpla con la calidad que se necesita para obtener un producto final adecuado.

1. Se realiza el trazo en la superficie de la plataforma, se ubica el eje y los laterales de la vía dejando un espacio libre en el hombro del terraplén entre 0.30 a 0.50 m. Este trazado permite servir de guía para que el operador del equipo Macropaver mantenga el alineamiento.

Se realiza el trazado del eje y laterales para guía en el alineamiento del equipo Macropaver en el Km 42+400.



Se realiza el trazado del eje y laterales para guía en el alineamiento del equipo Macropaver en el Km 42+400.



2. Se realiza luego la limpieza y retiro de todo el polvo sobre la superficie de la plataforma estabilizada con emulsión, se utiliza la compresora de aire, se debe eliminar todo el polvo existente porque no debe existir ningún cuerpo extraño que no permita la adherencia entre la base estabilizada y el Mortero Asfáltico (Slurry Seal).

Se realiza el retiro del polvo y suciedad que se encuentra en la superficie de la plataforma del Km 42+400.



Se realiza el perfilado y batido de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) material que se encuentra en la superficie de la plataforma del Km 42+400.



3. Luego se coloca en el esparcidor del Macropaver un yute, el cual será humedecido cada cierto tiempo para que le dé un acabado rugoso a la superficie de la plataforma donde será aplicado el Mortero Asfáltico (Slurry Seal).

Se coloca el yute en el equipo Macropaver para dar rugosidad al acabado de la superficie del pavimento.



Se humedece el yute en el equipo Macropaver para dar rugosidad al acabado de la superficie del pavimento.



4. Se realiza la calibración del equipo del Macropaver, se introducen los datos en la computadora según el diseño establecido en laboratorio, la dosificación para este proyecto es de 13.5% de emulsión, de cemento es 1.0% y el agua está entre 08.0% al 10.0%.

Se realiza la calibración del Macropaver según el diseño realizado en laboratorio.



Se realiza la calibración del Macropaver según el diseño realizado en laboratorio. Se programa la computadora del equipo.



5. Se limpia el esparcidor del Macropaver para garantizar que la mezcla (emulsión arena y cemento) utilizada para el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) no reciba cuerpos extraños y mucho menos sea contaminado. También se controla los niveles, es decir el espesor de la capa que es de 10 mm.

Se realiza la limpieza del esparcidor del Macropaver en el Km 42+400.



Se realiza el control del espesor para verter los 1 cm de Slurry Seal a lo largo de la superficie de la plataforma en el Km 42+400.



6. Una vez calibrados tanto el equipo Macropaver como también el nivel y espesor que deberá vertir la esparcidora para colocar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal). Se realiza luego el abastecimiento de agregados, cemento y emulsión para iniciar con los trabajos.

Se realiza el abastecimiento de agregados en el Macropaver ubicado en el Km 42+400.



Se realiza el abastecimiento de emulsión y agua en el Macropaver ubicado en el Km 42+400.



7. Se ejecuta el colocado del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) sobre la superficie de la plataforma estabilizada, controlando por tanta las dosificaciones introducidas en la computadora del equipo y controlando los espesores de la mezcla cada cierta longitud de 5.00 m.

Se realiza el colocado del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) a lo largo del Km 42+400.



Se realiza el colocado del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) a lo largo del Km 42+400.



8. Se observa el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) terminado con sus respectivas marcas en el pavimento y señalización vertical.

Se observa el acabado de la superficie de la plataforma con el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) asimismo con su respectiva señalización en el Km 42+400.



Se observa el acabado de la superficie de la plataforma con el Mortero Asfáltico (Slurry Seal), asimismo con su respectiva señalización en el Km 42+400.



CERTIFICADO DE CALIDAD



BITUPER S.A.C.

OFICINA CENTRAL - Av. Del Pinar 152 - of.1005 Chacarilla del Estanque - Surco
TELEFAX 3727601 / 3727605 - EMAIL - bituper@terra.com.pe
LABORATORIO CENTRAL - CALLE PARQUE ALTO # 300 - SURCO
TEL. : 247-3957 / FAX : 2472927 E MAIL - bplaboratorio@gmail.com
DEPARTAMENTO TECNICO - TEL. : 2473958

**REPORTE DE LABORATORIO
HOJA RESUMEN**

DISEÑO Y DOSIFICACION

Solicitante : Iccgsa
Carretera : Servicio Gestión y Conservación Vial por Nivel de
Servicio Juliaca - Huancane Moho - Tilali - Frontera Bolivia y Dv.
Obra : Huancane - Putina - Sandia - San Ignacio
Cantera : Km 56 + 520
Ubicación de Obra : Tramo Putina - Cuyocuyo (Juliaca)
Muestreado por : El Contratista
Fecha : 16/06/2010

EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA

Tipo de Construcción : Mortero Asfáltico tipo III -Slurry Seal
Rotura : Cationica de Rotura Lenta (C.S.S -1hP)
Pen Base : 120/150
Fórmula de la Emulsión : 620110210121 - 51

| DOSIFICACION DE MORTERO ASFALTICO | | |
|-------------------------------------|------|--------------|
| Arena Zarandeada Pasante malla 3/8" | 98.5 | % en Volumen |
| Emulsión | 60.8 | Glns/m3 |
| Agua de Recubrimiento | 58.5 | Glns/m3 |

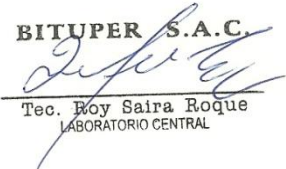
| PRUEBAS REALIZADAS AL MORTERO | | |
|-------------------------------|------------|------------------------------|
| PRUEBA | RESULTADOS | ESPECIFICACIONES |
| ABRACION | 430.3 | 807 gr/m ² (max.) |
| RUEDA CARGADA | 359.4 | 538 gr/m ² (max.) |
| CONSISTENCIA | 2.7 | 2 @ 3 cm |
| TIEMPO DE MEZCLADO | >180 | 180 seg (min.) |

| COMPATIBILIDAD | | |
|----------------|----|----------|
| WET STRIPPING | 99 | Min 90 % |

BITUPER S.A.C.


Ing. Guido Galina Zevallos
JEFE DE LABORATORIO CENTRAL

BITUPER S.A.C.


Tec. Roy Saira Roque
LABORATORIO CENTRAL



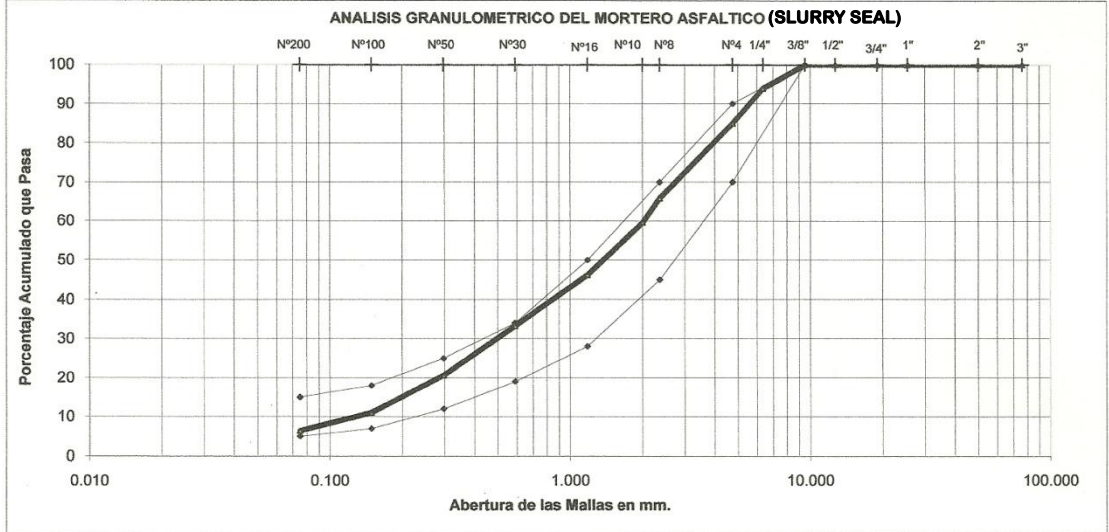
BITUPER S.A.C.
40 años de tecnología en asfaltos

OFICIAL CENTRAL - Av. Del Pinar 152 - of.1005 Chacarilla del Estanque - Surco
TELEFAX 3727601 / 3727605 - EMAIL - bituper@terra.com.pe
LABORATORIO CENTRAL - CALLE PARQUE ALTO # 300 - SURCO
TEL. : 247-3957 / FAX : 2472927 E MAIL - bplaboratorio@gmail.com
DEPARTAMENTO TECNICO - TEL. : 2473958

DISEÑO DEL MORTERO ASFALTICO

CONTRATISTA Iccgsa CANTERA Km 56 + 520
Carretera : Servicio Gestión y Conservación
Vial por Nivel de Servicio Juliaca - Huancane
Moho - Tilali - Frontera Bolivia y Dv. Huancane -
OBRA Putina - Sandia - San Ignacio UBICACION Tramo Putina - Cuyocuyo (Juliaca)
MUESTRA No. Arena Gruesa Zarandeada MUESTREADO POR El Contratista
FECHA 16/06/2010 ING° RESPONSABLE Guido Calcina Z.

| Abertura en mm. | Tamiz ASTM | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que Pasa | Especificaciones TIPO III | | DESCRIPCION DE LA MUESTRA : | |
|--|------------|--------------------|----------------------|------------|---------------------------|-----|--|--|
| 76.200 | 3" | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | | CARACTERISTICA MORTERO ASFALTICO (Slurry Seal) P.U.S.S 1697 kg/m ³ RIEDEL WEBER 6° EQUIV. ARENA 65 % | |
| 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 | | |
| 6.350 | 1/4" | 6.1 | 6.1 | 93.94 | | | | |
| 4.750 | No.4 | 9.0 | 15.0 | 84.98 | 70 | 90 | | |
| 2.360 | No.8 | 19.1 | 34.1 | 65.87 | 45 | 70 | | |
| 2.000 | N° 10 | 6.2 | 40.4 | 59.63 | | | | |
| DOSIFICACION PARA MORTERO ASFALTICO (Slurry Seal) | | | | | | | | |
| % Respecto al Peso Agregado Seco | | | | | | | | |
| 1.180 | N° 16 | 13.4 | 53.8 | 46.23 | 28 | 50 | Emulsión 13.5 % | |
| 0.590 | N° 30 | 13.0 | 66.7 | 33.26 | 19 | 34 | Agua Recubrimiento 13.0 % | |
| 0.297 | N° 50 | 12.7 | 79.4 | 20.58 | 12 | 25 | Filler (Portland I) 1.0 % | |
| 0.149 | N° 100 | 9.5 | 88.9 | 11.07 | 7 | 18 | Respecto al m³ de Agregado Seco: | |
| 0.075 | N° 200 | 4.6 | 93.5 | 6.45 | 5 | 15 | Emulsión 60.6 gal/m ³ | |
| < 200 | < 200 | 6.5 | 100.0 | 0.0 | | | Agua Recubrimiento 58.3 gal/m ³ | |
| | | | | | | | Filler (Portland I) 17.0 kg/m ³ | |



BITUPER S.A.C.

Guido Calcina Z.
Tec. Roy Saira Roque
LABORATORIO CENTRAL



BITUPER S.A.C.

OFICINAL CENTRAL - JR. PORTA # 130 3ER PISO - MIRAFLORES
TELEFAX 2410425 - EMAIL - bituper@terra.com.pe
LABORATORIO CENTRAL - CALLE PARQUE ALTO # 300 - SURCO
TEL : 247-3957 / FAX : 2472927 E.MAIL - bplaboratorio@gmail.com
DEPARTAMENTO TECNICO - TEL : 2473958

REPORTE DE LABORATORIO
HOJA RESUMEN
DOSIFICACION DE CAMPO

Contratista : ICCGSA
Servicio de Gestión y Conservación por Niveles de Servicio de la Carretera Juliaca Huancané - Moho - Tilali, Forntera

Obra : Bolivia y Dv Huancané, Putina, Sandia, San Ignacio
Piedra Zarandeada - Cantera Maravilla, Arena

Cantera : Zarandeada - Cantera Maravilla

Ubicación de Obra : Juliaca

Muestreado por : El Contratista

Fecha : 29/01/2010

EMULSIÓN ASFÁLTICA

Tipo de Construcción : Mezcla Asfáltica e = 2"

Rotura : Lenta/Superestable C.S.E-1

Pen Base : 120/150

Fórmula de la Emulsión : 11250161012 - 51

| FORMULA DE TRABAJO EN CAMPO | | |
|---|------|--------------|
| Piedra Chancada Pasante malla 3/4" | 36,8 | % en Volumen |
| Arena Chancada Pasante malla 3/8" | 60,7 | % en Volumen |
| Filler (Cemento portland tipo I) | 2,5 | % en Volumen |
| Emulsión | 44,0 | Gins/m3 |
| Aditivo | 0 | Gins/m3 |
| Agua | 22,7 | Gins/m3 |
| Filler (Cemento Portland tipo I) estimada | 28,6 | Kg/m3 |
| Humedad de Compactación | 3 | % |

BITUPER S.A.C.

Ing° Guido Calcina Zevallos
JEFE DE LABORATORIO CENTRAL

BITUPER S.A.C.

Tec. Roy Saira Roque
LABORATORIO CENTRAL

Notas:

- Esta dosificación es valida cuando se proporcionan los materiales independientemente.
- Las dosificaciones se ejecutaron con material seco. Los materiales se deberan corregir segun la humedad natural del agregado en obra
- El contratista deberá efectuar obligatoriamente los ensayos de abrasión y durabilidad.
- La dosificación y características de la emulsión están diseñadas estrictamente para este agregado, en caso de cambiar de cantera o de observar variaciones significativas en los aridos originales, se deberán enviar muestras para efectuar nuevos diseños

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sean en su totalidad. Guía Peruana INDECOPI, GP00:1993



BITUPER S.A.C.
40 años de tecnología en asfaltos

OFICIAL CENTRAL - JR. PORTA # 130 3ER PISO - MIRAFLORES
TELEFAX 2410425 - EMAIL - bituper@terra.com.pe
LABORATORIO CENTRAL - CALLE PARQUE ALTO # 300 - SURCO
TEL. : 247-3957 / FAX : 2472927 E MAIL - bplaboratorio@gmail.com
DEPARTAMENTO TECNICO - TEL. : 2473958

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS

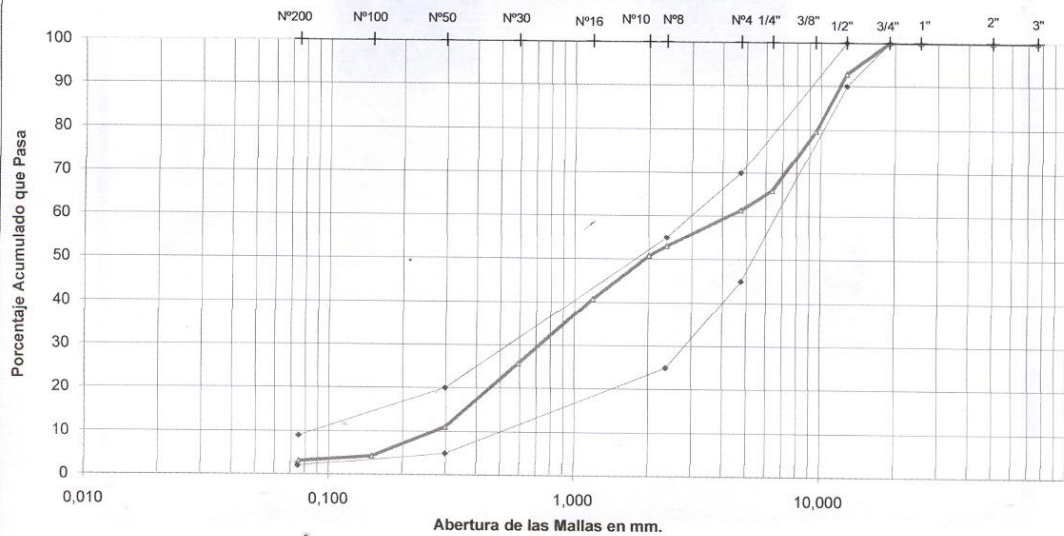
CONTRATISTA ICGSA CANTERA Arena Zarandeada Maravilla Grava Zarandeada Maravilla

Servicio de Gestión y Conservación por Niveles de Servicio de la Carretera Juliaca Huancané - Moho - Tilali, Forterra Bolivia y Dv Huancané, Putina, Sandia, San Ignacio Juliaca
OBRA UBICACIÓN MUESTRA No. Combinación de Agregados
FECHA 29/01/2010
MUESTREADO POR El Contratista
ING° RESPONSABLE Guido Calcina Z.

| Abertura en mm. | Tamiz ASTM | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que Pasa | Especificaciones para Mezclas MS - 19 | | DESCRIPCION DE LA MUESTRA : |
|-----------------|------------|--------------------|----------------------|------------|---------------------------------------|-----|---|
| 76,200 | 3" | 0,0 | 0,0 | 100,00 | | | CARACTERISTICA DE MEZCLA ASFALTICA (Slurry Seal) |
| 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 | 100 | 100 | RIEDEL WEBER ° 6 |
| 12,700 | 1/2" | 7,2 | 7,2 | 92,82 | 90 | 100 | EQUIVALENTE ARENA ° 71 |
| 9,500 | 3/8" | 13,2 | 20,4 | 79,59 | | | PROPORCIONES EN VOLUMEN |
| 6,350 | 1/4" | 13,7 | 34,2 | 65,85 | | | Arena Zarandeada 60,7 % |
| 4,750 | No.4 | 4,5 | 38,7 | 61,32 | 45 | 70 | Grava Zarandeada 36,8 % |
| 2,360 | No.8 | 8,3 | 47,0 | 53,00 | 25 | 55 | Filler 2,5 % |
| 2,000 | N° 10 | 2,2 | 49,2 | 50,77 | | | |
| 1,180 | N° 16 | 10,0 | 59,2 | 40,79 | | | PROPORCIONES EN PESO |
| 0,590 | N° 30 | 15,1 | 74,3 | 25,71 | | | Arena Zarandeada 62 % |
| 0,297 | N° 60 | 14,7 | 88,9 | 11,05 | 5 | 20 | Grava Zarandeada 36 % |
| 0,149 | N° 100 | 6,7 | 95,6 | 4,36 | | | Filler 2 % |
| 0,075 | N° 200 | 1,2 | 96,8 | 3,17 | 2 | 9 | OBSERVACION |
| | < 200 | 3,2 | 100,0 | 0,0 | | | P.u.s. Combinado 1656 kg/m3 |

Nota:

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL)



BITUPER S.A.C.

[Signature]
Tec. Roy Saira Roque
LABORATORIO CENTRAL



BITUPER S.A.C.
40 años de tecnología en asfaltos

OFICIAL CENTRAL - JR. PORTA # 130 3ER PISO - MIRAFLORES
TELEFAX 2410425 - EMAIL - bituper@terra.com.pe
LABORATORIO CENTRAL - CALLE PARQUE ALTO # 300 -
TEL.: 247-3957 / FAX: 2472927 E MAIL - bplaboratorio@gmail.com
DEPARTAMENTO TECNICO - TEL.: 2473958

LABORATORIO DE MATERIALES

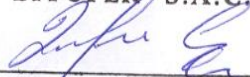
HOJA DE DATOS PARA MEZCLA CON EMULSION ASFALTICA

Cliete: ICCGSA
Servicio de Gestión y Conservación por Niveles de Servicio de la Carretera Juliaca Huancané - Moho - Talalí,
Obra: Frontera Bolivia y Dv Huancané, Putina, Sandia, San Ignacio
Ubicación: Juliaca
Fecha: 29/01/2010

| ASFALTO | | | AGREGADO | | | | | |
|---|---------|---|--------------------------------|--------|-------|--------|---|---|
| Tipo y Grado | 120/150 | | Origen | 0 | | | | |
| Asfalto en Emulsión | 60 | % | Tipo | 0 | | | | |
| Grav. Especif. Asfalto (B) | 1,000 | | Grav. Especif. Aparente (C) | 2,57 | gr/cc | | | |
| Residuo Asfáltico Mezcla (A) | 7,0 | % | Filler (Cemento) | 0 | % | | | |
| MEZCLA Y COMPACTACION | | | ENSAYOS | | | | | |
| Total de Agua en Mezcla | 10,7 | % | Fecha Prueba Especifica Seca | | | | | |
| Agua Añadida a la Mezcla | 6 | % | Fecha Grav. Especifica Mojada | | | | | |
| Agua en Compactación | 3 | % | Fecha Prueba Especifica mojada | | | | | |
| Fecha de Compactación | | | | | | | | |
| DATOS DE COMPACTACION DE ESPECIMEN | | | SECO | | | MOJADO | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| DENSIDAD VOLUMETRICA | | | | | | | | |
| Peso al aire (D) | | | 1184,6 | 1219,1 | | | | |
| Peso en agua (E) | | | 636,0 | 655,0 | | | | |
| Peso SSS (Saturado Superficialmente Seca) (F) | | | 1186,8 | 1220,2 | | | | |
| GEV (Gravedad Especifica Volumétrica) Mezcla compactada (G) | | | 2,151 | 2,157 | | | | |
| Gravedad Especifica Volumétrica Seca. Mezcla compactada | | | 2,148 | 2,154 | | | | |
| Espesor | | | | | | | | |
| ESTABILIDAD | | | | | | | | |
| Dial (Calibrador) | | | 238,0 | 247,0 | | | | |
| Carga | | | 1026,7 | 1065,6 | | | | |
| Estabilidad Corregida (S) | | | 985,6 | 1023,0 | | | | |
| Flujo | | | 9,0 | 9,0 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| Peso de Especimen (H) | | | 1508,0 | 1541,0 | | | | |
| Peso de Especimen Seco en Horno (I) | | | 1504,0 | 1538,0 | | | | |
| Tara (J) | | | 321,6 | 321,6 | | | | |
| Contenido de Humedad (K) | | | 0,14 | 0,15 | | | | |
| Humedad Absorbida | | | | | | | | |
| Máximo Total de Vacíos % | | | 7,8 | 7,6 | | | | |

Estabilidad Promedio (Kg) = 1004,3
Peso Bulk Seco Prom. (g/cc)= 2,15
Flujo Promedio (0.01Plg) = 9,0
Vacíos Promedio (%) = 7,7
::

BITUPER S.A.C.


Tec. Roy Saira Roque
LABORATORIO CENTRAL



BITUPER S.A.C.
40 años de tecnología en asfaltos

OFICINA CENTRAL - JR. PORTA # 130 3ER PISO - MIRAFLORES
TELEFAX 2410425 - EMAIL - bituper@terra.com.pe
LABORATORIO CENTRAL - CALLE PARQUE ALTO # 300 - SURCO
TEL. : 247-3957 / FAX : 2472927 E MAIL - bplaboratorio@gmail.com
DEPARTAMENTO TECNICO - TEL. : 2473958

LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME FINAL DE DISEÑO MEZCLA ASFALTICA

Cliete: ICCGSA
Servicio de Gestión y Conservación por Niveles de Servicio de la Carretera Juliaca Huancané - Moho - Talali, Frontera Bolivia y Dv
Obra: Huancané ,Putina ,Sandia ,San Ignacio
Ubicación: Juliaca
Fecha : 29/01/2010

El material analizado fue entregado por el cliente.
Dosificación en porcentajes en Peso para la Mezcla:

| | |
|--|------|
| Grava Zarandeada Pasante malla de 3/4" | 62 % |
| Arena Zarandeada Pasante malla 3/8" | 36 % |
| Filler | 2 % |

Resultado de los ensayos realizados a los agregados:

| AGREGADO GRUESO | | | |
|----------------------|-------------|------|-------------------|
| Adherencia | ASTM D-1664 | +95 | % |
| Absorción | ASTM C-127 | 1 | % |
| Peso Unitario Suelto | ASTM C-29 | 1400 | Kg/m ³ |
| Peso Especifico | ASTM C-127 | 2,64 | Gr/cc |

| AGREGADO FINO | | | |
|----------------------|-------------|------|-------------------|
| Riedel Weber | MTC E-220 | 6° | |
| Absorción | ASTM C-128 | 1,2 | % |
| Peso Unitario Suelto | ASTM C-29 | 1460 | Kg/m ³ |
| Peso Especifico | ASTM C-128 | 2,60 | |
| Equivalente de Arena | ASTM D-2419 | 71 | % |

| RESULTADO DEL DISEÑO | | | |
|--|--------|-------------------|------------------|
| Se utilizó Emulsión Asfáltica Catiónica Super Estable con Residuo por Evaporación del 60%. | | | |
| | | | Especificaciones |
| P.U.S combinado | 1656 | Kg/m ³ | - |
| Residuo Asfáltico Optimo | 7 | % | - |
| Emulsión BP-C.S.E -1 (Tipo Superestable) | 11,7 | % | - |
| Galones de emulsion /m ³ | 51,0 | | - |
| Agua en Mezcla | 6 | % | - |
| Galones de agua/m ³ | 19 | | - |
| Agua en Compactación | 3 | % | - |
| Estabilidad | 1004,3 | Kg | min 230 |
| Flujo 0,01" | 7,7 | Plg. | 8 a 18 |
| Vacios | 7,9 | % | 2 a 8 |
| Peso Bulk Seco | 2,15 | g/cc | - |

Nota:

Las dosificaciones se ejecutaron con material seco, las dosificaciones de los materiales se deberan corregir segun la humedad natural del agregado en obra

BITUPER S.A.C.

Ing° Guido Calcina Zevallos
JEFE DE LABORATORIO CENTRAL

BITUPER S.A.C.

Tec. Roy Saira Roque
LABORATORIO CENTRAL