



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño de micropavimento con emulsión asfáltica modificada con polímero (CQS – 1hP) para el camino vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Muñoz Morales, Segundo Roberto Martín (ORCID:0000-0002-0848-5028)

ASESOR:

Dr. Gutiérrez Albán, Luis Ignacio (ORCID: 0000-0002-4905-9842)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA – PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación va dedicado a mis padres: María Isabel y Roberto Martín; por su valioso tiempo, esfuerzo y amor incondicional que me brindaron desde que llegué a vida. Asimismo, a mi amada abuelita Hildaaura, a mi hermana y a mi novia; quienes depositaron su confianza para poder llevar a cabo uno de vuestros objetivos, que es realizarme como profesional.

Agradecimiento

Quedo agradecido eternamente con Dios, por permitir que mi familia sea parte de su creación; por brindarnos las fuerzas necesarias para mantenernos siempre en pie ante cualquier adversidad y por permitirme conocer a personas de gran corazón que hoy en día comparten mis logros.

A mi familia, y seres queridos que estuvieron en mis malos momentos, dándome palabras de aliento; siendo el impulso necesario para poder superar cualquier problema presentado en este emprendimiento.

También, agradezco gratamente a la familia de EMR Ingeniería y Construcción, por el apoyo constante que me han brindado en mi carrera profesional. Por el aprecio a mi persona y el valor que le proporcionan a mi trabajo, haciéndome ver que todo es posible a base de esfuerzo, constancia y dedicación.

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

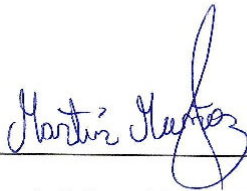
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Segundo Roberto Martín Muñoz Morales, identificado con DNI N° 72781710, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación anexada a la presente tesis, es original y de fuentes veraces.

Asimismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se expone en la presente tesis son originales.

Por lo expuesto, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Piura, 04 de noviembre 2020



Segundo Roberto Martín Muñoz Morales

DNI: 72781710

v

v

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	26
2.1 Diseño De La Investigación.....	26
2.1.1 Tipo de Investigación.....	26
2.2 Operacionalización De Variables.....	26
2.3 Población y Muestra.....	29
2.3.1 Población.....	29
2.3.2 Muestra.....	29
2.4 Técnicas e instrumentos de datos, validez y confiabilidad.....	29
2.4.1 Técnicas.....	29
2.4.2 Instrumento.....	29
2.4.3 Validez.....	30
2.4.4 Confiabilidad de Instrumento.....	30
2.5 Procedimiento.....	33
2.6 Aspectos Éticos.....	33
III. RESULTADOS	34
IV. DISCUSIÓN	68
V. CONCLUSIONES	70
VI. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	73
ANEXOS	74
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	75
ANEXO 2: CLASIFICADOR DE GASTOS.....	76
ANEXO 3: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	77
ANEXO 4: FORMATO DE INSTRUMENTO.....	78
ANEXO 5. VALIDACIÓN DE RESULTADOS PROCESADOS.....	81
ANEXO 6: CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	96
ANEXO 07: PANEL FOTOGRÁFICO.....	97

Índice de tablas

Tabla 1: Clase de emulsiones según su tipo de rotura.....	12
Tabla 2: Especificaciones para Azul de metileno	16
Tabla 3:Exigencia para el residuo asfáltico.....	17
Tabla 4: Exigencia para viscosidad Saybolt Furol	17
Tabla 5: Exigencia para estabilidad en almacenamiento 24h.....	17
Tabla 6: Exigencia para estabilidad en almacenamiento 5 días	18
Tabla 7: Exigencia para el tamaño de partícula con uso del tamiz #20	18
Tabla 8: Exigencia para el Reblandecimiento del bitumen.....	18
Tabla 9: Especificación para ensayo de ductilidad	19
Tabla 10: Especificación para el tiempo de mezcla	19
Tabla 11: Especificación del ensayo de Cohesión húmeda.....	20
Tabla 12: Exigencia del ensayo Rueda Cargada y adhesión de arena.....	20
Tabla 13: Cantidad máxima de arena adherida para verificar el diseño.....	20
Tabla 14: Exigencia del ensayo Pérdida por Abrasión Húmeda.	21
Tabla 15: Resumen de Ensayos para el Diseño de Micropavimento	22
Tabla 16: Operacionalización de Variables.....	27
Tabla 17: Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	31
Tabla 18: Resultado de Granulometría por Tamizado de la Cantera Hualapampa	34
Tabla 19: Resultado de Equivalente de Arena	36
Tabla 20: Resultado de Azul de metileno	38
Tabla 21: Resultado de Asfalto Residuo por Evaporación.....	40
Tabla 22: Resultado de Tamiz #20.....	43
Tabla 23: Resultado de Estabilidad.....	44
Tabla 24: Resultado de Almacenamiento.....	44
Tabla 25: Resultado de Punto de Ablandamiento	46
Tabla 26: Resultado de Penetración en el residuo.....	48
Tabla 27: Resultado de Ductilidad a 5°C	50
Tabla 28: Resultado de recuperación elástica torsional	52
Tabla 29: Resultado del Porcentaje teórico de emulsión.....	54
Tabla 30: Resultado de Prediseños 01.....	55
Tabla 31: Resultado de Prediseños 02.....	55
Tabla 32: Resultado de Prediseños 03.....	55
Tabla 33: Resultado de Tiempo de Mezcla.....	58
Tabla 34: Ensayo de Abrasión en húmedo.....	62
Tabla 35: Resultado de Adherencia por Rueda Cargada LWT	64

RESUMEN

El presente proyecto de investigación denominado “Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018”, cuyo objetivo principal es Diseñar el Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1Hp) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018 El método de investigación es científico, de tipo aplicativo, siendo la población el distrito de Huarmaca-Huancabamba a 228.9 km de Piura, y la muestra es el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Huarmaca.

Se realizaron diferentes ensayos bajo los parámetros de las normativas ISSA A143, ASTM, AASHTO y EG-2013; determinando y cumpliendo con cada objetivo específico propuesto, llegando al Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1Hp) para del Camino Vecinal de Sumuche Alto, para ello, la caracterización del agregado mineral seleccionado de la Cantera Hualapampa, cumplió dichos parámetros siendo de Tipo II (óptimo para el diseño), asimismo, se cumplió con los ensayos de emulsión asfáltica y residuo asfáltico; dando el óptimo contenido de emulsión, agua, filler y agregados minerales. El Micropavimento es técnico – económico para la zona de Sumuche, ya que mediante su aplicación se reduce costos de operación y mantenimiento frente a una permitiendo la rápida apertura de tránsito frente a una rehabilitación y mejora estructural del pavimento.

Palabras clave: Micropavimento, emulsión asfáltica, polímero, residuo asfáltico, agregado mineral, filler, técnico – económico, cantera.

ABSTRACT

This research project called “Design of Micropavimento with Polymer Modified Asphalt Emulsion (CQS-1hp) for the Sumuche Alto Neighborhood Road – Huarmaca District, Huancabamba, Piura 2018”, whose main objective is to Design the Micropavimento with modified Asphalt Emulsion with Polymer (CQS-1hP) for the Sumuche Alto Neighborhood Road – Huarmaca District, Huancabamba, Piura 2018. The research method is scientific, of an application type, with the population being the district of Huarmaca – Huancabamba, 228.9 km from Piura, and the sample is the Sumuche Alto – Huarmaca Neighborhood Road.

Different tests were carried out under the parameters of ISSA A143, ASTM, AASHTO and EG-2013 standards; determining and fulfilling each specific objective proposed, reaching the Micropavimento Design with Polymer Modified Asphalt Emulsion (CQS-1Hp) for the Sumuche Alto Neighborhood Road, for this, the characterization of the selected mineral aggregate of the Hualapampa Quarry, met said parameters being of Type II (optimal for the design), likewise, the asphalt emulsion and asphalt residue tests were fulfilled; giving the optimum content of emulsion, water, filler and mineral aggregates. The Micropavimento is technical - economical for the Sumuche area, since its application reduces operation and maintenance costs compared to one allowing the rapid opening of traffic against a rehabilitation and structural improvement of the pavement.

Keywords: Microsurfacing, asphalt emulsion, polymer, asphalt waste, mineral aggregate, filler, technical - economic, quarry.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

El desarrollo continuo de las ciudades rurales, depende mucho de la existencia de vías para la interconexión de las diferentes regiones del Perú; y asimismo sus diversas áreas de producción con los locales de consumo. La infraestructura vial tiene que cumplir con la demanda que exigen los usuarios, convirtiéndose en un producto beneficioso y favorable para quienes hagan uso de ello. De tal manera, se ha obtenido diferentes pruebas para el mejoramiento de las vías, sin perder sus propiedades y así poder enlazar el desarrollo económico con la sostenibilidad.

A nivel mundial, los pavimentos sufren daños físicos y estructurales; que en muchas ocasiones se puede observar el desgaste del material bitumen debido a diversos factores climáticos o término de su periodo de vida que fueron diseñados. Tal es el caso, En Reino Unido, Newcastle – Australia, el calor que impera en la ciudad provocó que la carpeta de rodadura se debilitara, provocando daños en todo el acceso generando malestar en los usuarios; pues el asfalto se había vuelto tan blando durante la ola de calor actual que se derritió. (RT, 2018). En Alhama de Murcia - España, una red vial presenta deterioros relevantes en la superficie del camino al municipio, debido a las intensas lluvias registradas en los últimos días del año pasado, causando embalsamientos de agua, los cuales provocaron descalce de afirmado, roturas de bitumen y piel de cocodrilo; afectando a los habitantes de Murcia (MURCIA.COM, 2019).

Por otro lado, en América Latina – Bolivia, la vía en las calles de La Paz, necesitan rehabilitación debido a que su periodo útil para las que fueron diseñadas, ha culminado. Por ello, la constructora Coinser fabrica en su planta un material para la Micropavimentación de las calles, haciendo uso de emulsiones modificadas con polímero, la cual permitirá cumplir con las características físicas y mecánicas de un pavimento flexible. (PÁGINA SIETE, 2019).

En el Perú, los accesos viales estuvieron intransitables debido a las lluvias de gran magnitud que se presentaron en el año 2017; pues la presencia de huaicos azotó principales avenidas de Lima y diferentes ciudades del Perú. Las grandes masas de agua ocasionaron diversos daños a los accesos viales, disminuyendo el periodo útil para lo cual fueron diseñados.

Asimismo, en el departamento de Piura, los pavimentos fueron afectados por las precipitaciones eventuales en dicho tiempo, afectando de manera directa la carpeta de rodadura debido al exceso de agua; y a su vez generó deslizamiento entre el material bitumen y material granular, debido a que aumentó la permeabilidad en la estructura.

El distrito de Huarmaca cuenta con una superficie de 1,908.22 km²; siendo en el camino vecinal de Sumuche Alto, la carpeta de rodadura presenta desgaste debido a las constantes lluvias que se presentaron en los últimos años, pues su capacidad de resistencia fue insuficiente ante dichos eventos. La estructura vial de la localidad mencionada, se encuentra fatigada, con presencia de fisuras, pérdida de agregados, piel de cocodrilos y desprendimientos; pues la sumatoria de las concentraciones de cargas por parte de los vehículos pesados ocasionaron daños severos, generando a su vez la desintegración entre los agregados y el material bitumen. La infraestructura vial dejó de comportarse monolíticamente debido a los factores climatológicos, de tráfico, y periodo útil de servicio.

Un pavimento es diseñado de acuerdo a las cargas ESAL'S por soportar. Pero, al tener la gran desventaja de dichos factores mencionados líneas arriba, se vuelve vulnerable ante la aparición de las fallas físicas y mecánicas en dicha estructura, generando el retraso socioeconómico de la población que habita en la zona. Esto ha generado incomodidad en los usuarios que suelen transitar por dicho camino, pues se sabe que una infraestructura vial tiene que velar por la seguridad y comodidad del transportista. Asimismo, los pobladores se encuentran vulnerables ante las enfermedades debido a los empozamientos de agua en la infraestructura, atrayendo zancudos, los cuales podrían causar enfermedades debido a las frecuentes picaduras. Los pobladores, al estar emergidos en dichas causas y consecuencias mencionadas, exigen un mantenimiento vial en la zona de Sumuche Alto; con el fin de evitar dichas enfermedades y, asimismo, liberar las restricciones que impiden velar por la seguridad del usuario, ya que la estructura vial fue vulnerable a la filtración de agua lo cual concluyó con debilitar la capa bituminosa.

En el presente proyecto de investigación, se realizará un Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con polímero (CQS-1HP), bajo los parámetros de la normativa ISSA A 143 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC, para darle solución inmediata a la recuperación de la carpeta de rodadura y garantizar la seguridad del tránsito, manteniendo el límite económico establecido por el tipo de camino.

En el proceso de búsqueda de información respecto a trabajos previos a nivel internacional, hemos encontrado los siguientes:

(Wulf Rodriguez, 2008) en su tesis “Análisis De Pavimento Asfáltico Modificado Con Polímero”, para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Austral de Chile, situada en la región de los Ríos; el objetivo principal es realizar una breve comparación entre el asfalto con polímeros reciclados y el asfalto convencional. Para ello, se utilizó el aparato Marshall y señalando que no solamente es importante ensayar al material bituminoso y áridos, si no también, realizar ensayos sobre las combinaciones de los materiales, de tal manera que se establezcan las proporciones y características adecuadas que solicita la mezcla asfáltica. En los resultados, se dio que la estabilidad y fluencia de la mezcla asfáltica con adición de polímero poseen un mejor comportamiento que las mezclas convencionales, ya que los asfaltos modificados recurren a su posición inicial una vez retirada la fuerza a la que fueron sometidos. De acuerdo a sus resultados en el laboratorio de investigación, se puede decir que el asfalto modificado con polímero presenta las condiciones necesarias para ser sometido a una carga mucho mayor que se le somete a la mezcla convencional. Toda la data obtenida fue favorable, ya que se encuentran en el rango establecido por el Laboratorio Nacional de Vialidad que presentan porcentaje entre cuatro y seis por ciento.

(Coyago Vega, 2015) en su tesis “Evaluación de un tratamiento superficial bituminoso con emulsión asfáltica como alternativa de mantenimiento en vías arteriales del Ecuador”, para obtener el grado magíster en Ingeniería Vial en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; el objetivo principal es dar a conocer los beneficios que brindan los métodos de diseño internacionales para el Microrevestimiento, con el uso de emulsiones modificadas con polímero, y a su vez, verificarlo en campo. Para ello, las metodologías empleadas son el método de McLeod, Linckenhey y las normas ISSA. En los resultados, se dio que de los diseños internacionales de las emulsiones la que más se asemeja a la realidad del País Ecuatoriano, es el método McLeod, ya que se considera el clima y tránsito. El ajuste que se realizó en dichos tramos fue de 1.15 a la cuantía de asfalto. De acuerdo a los resultados, se opina lo siguiente: Para la ejecución de proyectos de micro pavimentación, se debe considerar el clima, dependiendo de ello, el tipo de asfalto y seguidamente la emulsión, ya que al aplicarlo en campo la reacción es distinta.

(Santamaría Loza, y otros, 2015) en su proyecto de investigación “Análisis comparativo de emulsiones asfálticas con polímeros tipo SBR en el Diseño de Micro pavimentos empleando Agregados de las Canteras de Guayllabamba y San Antonio”, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Escuela Politécnica del Ejército; el objetivo principal es realizar el análisis comparativo de modificación de las emulsiones asfálticas. Para ello, se realizaron diferentes ensayos para el diseño del Micropavimento, seguidamente del análisis costos-beneficio de diferentes tipos de mantenimiento vial. Para el tiempo de consistencia de la mezcla asfáltica, el rango en porcentaje que se utilizó para los polímeros fue de 1% - 4%; siendo la humedad en la Cantera de Guayllabamba 10% y en la Cantera de San Antonio 6.5%; ambas con diferentes tipos de lectura. En los resultados, se dio que para realizar la rehabilitación aplicando el Micropavimento con 3% de polímero SBR, se obtiene un ahorro de tres mil dólares, frente a un Micropavimento con 4% de polímero. De acuerdo a los resultados, se opina lo siguiente: Al aumentar el porcentaje de polímero a la mezcla asfáltica, los valores de cohesión son altos y esto permite una apertura de tráfico muy rápida. Pero a su vez, una gran desventaja ya que, a mayor porcentaje de polímero, mayor es el costo para la rehabilitación del tramo a ejecutar.

(Berrío Alzate, 2017) en su proyecto de investigación “Diseño y Evaluación del Desempeño de una Mezcla Asfáltica Tipo MSC-19 con Incorporación de Tereftalato de Polietileno Reciclado como Agregado Constitutivo”, para obtener el grado de Magister en Infraestructura y Medios de Tránsito en la UNC (Colombia), tuvo como objetivo principal elaborar el diseño de mezcla asfáltica tipo MSC-19 incluyendo el Polietileno reciclado como agregado constitutivo y así poder evaluar el efecto que origina en sus características mecánicas y físicas. Como resultado, se dio que el material granular presentaba características propias del Stock AltaVista siendo confrontada con el ensayo Abrasión de los Ángeles obteniendo resultados de 6 %, viéndose comparado con lo que exige la norma que es 25 %. Cabe señalar que no se observó contenido de plasticidad y el resultado de la arena superó a los especificado. Para el cemento asfáltico se empleó el uso de la tipología más utilizada en la construcción que es AC 60-70 con un grado de penetración de 63. El PET triturado incide positivamente en el desempeño de la mezcla asfáltica, presentando bondades en su comportamiento mecánico. De acuerdo a los resultados, se opina lo siguiente: Es de suma importancia resaltar que el PET se tiene que lavar antes de ser usado, debido a que sus residuos pueden contaminar la mezcla asfáltica, y eso altera el comportamiento estructural.

En el proceso de búsqueda de información respecto a trabajos previos a nivel nacional, hemos encontrado los siguientes:

(Aranda Guerrero, 2010) en su tesis “Diseño y Control de Calidad de Microrevestimiento del tramo 02 del Eje Multimodal Amazonas Norte: Rioja – Tarapoto” para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma, tiene como objetivo principal diseñar el Micropavimento para condiciones climáticas de la Selva, detallando su correcta aplicación bajo los estándares de calidad. Para ello, los trabajos de rehabilitación formaron parte del Tramo 02 Rioja – Tarapoto, sustentándose con normas estandarizadas para los ensayos correspondientes, como es el ISSA, MS 19, AASHTO, ASTM Y MTC 200. Como resultados se tiene que, la granulometría cumple y es de Tipo III; el ensayo de Equivalente de Arena y Abrasión de los Ángeles cumple con 71.43% y 18.3%, respectivamente; de igual manera, para los ensayos a la Emulsión Asfáltica y al Residuo Asfáltico, cumplen de manera satisfactoria respetando lo estipulado en las normas mencionadas. El diseño final para el Microrevestimiento fue que para un metro cúbico se debe tener 95.5% de agregado, 0.5% de filler, 12.5% de emulsión (gln) y 13% de agua.

(RUJE ATOCHE, y otros, 2015) en su proyecto de investigación “Importancia de la determinación de un Micropavimento en frío como capa de rodadura de alta performance para el proyecto Conococha – Recuay” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma; se tiene como objetivo principal determinar la capa bituminosa de alta tecnología para mejorar la condición superficial y funcional y que brinde un confort similar al de una carpeta asfáltica en caliente en el tramo Conococha. Para ello, se procedió a comparar las diversas capas de rodadura asfálticas aplicables en altura, evaluando los sectores más críticos en la carretera mencionada y haciéndole evaluaciones a la superficie estudiada. Como resultados, se pudo obtener que el Microrevestimiento es más eficiente por el alto rendimiento en colocación, ya que su apertura del tráfico es de manera inmediata para y es de costo beneficioso. También, la granulometría de ambos materiales extraídos de las canteras Cayac y Acaray, fueron de tipo III, siendo Acaray la seleccionada por el acoplamiento a los parámetros exigentes de la Norma ISSA 143. De acuerdo a los resultados, se opina que todo diseño podrá sufrir cambios debido al factor climáticos y al proceso constructivo que se pueda emplear.

(OCHOA ROJAS, 2017) en su tesis “Aplicación del Micropavimento para mejorar los costos de la pavimentación de la cancha deportiva en el Asentamiento humano los Huertos de Manchay, distrito de Pachacamac, 2017” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil; tiene como objetivo principal evaluar la aplicación del Micropavimento a margen de costos, en el Asentamiento humano los Huertos de Manchay. Para ello, tuvo que realizar un análisis exhaustivo en costos directos e indirectos desde la elaboración del insumo, hasta la aplicación in situ. Como resultados, se obtuvo que aplicando la micropavimentación el costo se optimiza a un 17.2% del convencional, en los costos fijos se logró optimizar a un 21.05% y en los costos variables se pudo optimizar a un 12.39%; dando como cumplimiento a la hipótesis del investigador. De acuerdo a los resultados, se opina que, para un adecuado análisis exhaustivo de costos, se requiere tener experiencia in situ, debido a que a veces los rendimientos e insumos de otros proyectos, son referenciales. El rendimiento está vinculado con el precio unitario, a mayor rendimiento y con los recursos determinados a base de experiencia, el costo es menor; pero, a menor rendimiento y con los mismos recursos determinados, el costo será mayor.

(CORONEL FONSECA, 2017) en su proyecto de investigación “Micropavimento: Alternativa técnico-económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima,2017” para optar al título profesional de Ingeniero Civil; tiene como objetivo principal determinar si la micropavimentación es beneficiosa en temas de costos para el asentamiento humano Lomas de Marchan en Lima. Para ello, analizó las diferentes alternativas de pavimentación bajo tránsito pesado en el Perú, comparando el grado de dificultad en la construcción que tiene el pavimento convencional versus el Micropavimento y así, ver cuál de los dos es más económico por metro cuadrado. Como resultados, se obtuvo que el Micropavimento reduce el costo a un 69.68% del pavimento en caliente, asimismo se economiza globalmente (presupuesto total) con 27.84% del tradicional; todo a base de un rendimiento de 5,000 m² de Micropavimento colocado. De acuerdo a los resultados, se opina que, la caracterización de los agregados seleccionados en canteras, es base a todo el procedimiento de diseño de un Micropavimento, ya que dichas canteras deben cumplir con las exigencias de las normas para cierta elaboración.

Para fundamentar la presente investigación, se ha recurrido a las siguientes teorías:

ASFALTO

Reseña histórica

El asfalto fue descubierto en Egipto a inicios del año 2500 a.C, siendo en esos tiempos denominado “Sphalto” (deja caer), después, los griegos lo adoptaron a su vocabulario significando “estabiliza o rigidiza” y finalmente viéndose en el inglés como “Asphalt”, traducido al español latino en “Asfalto”. En aquella época, el asfalto no solamente se usaba para accesos viales, sino también para pegar conjuntos de bloques e impermeabilizar los accesos de la industria naval. Era común visualizar el asfalto como obra de arte en la construcción civil, acompañados de piedras caliza y arenisca las cuales se les conoce como “piedras asfálticas”. La explicación de la presencia del asfalto era lógica, ya que este material se encontraba en la superficie debido a las fuerzas geológicas, y al tener contacto con la atmosfera, ello se endurecía (tal es el caso del lago de asfalto en Trinidad). Actualmente, el asfalto que se utiliza para la construcción de infraestructura vial es artificial, el cual deriva del petróleo. Esto se debe a que el asfalto natural se encontraba en zonas sumamente alejadas y su reología era muy mala ya que al calentarse se evaporaba y endurecía con velocidad. Fue entonces, como el asfalto se empezó a ver como un material barato e inagotable, ya que el ser humano con la tecnología e investigaciones constantes, logró facilitar y mejorar las condiciones del asfalto destinados a la construcción de las carreteras, brindando diseños modernos.

Descripción

(MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2002) el asfalto es un material bituminoso, que a temperaturas ambientales se encuentra en estado sólido y semisólido; cuando se encuentra en temperaturas altas produce ablandamiento a tal punto que si la temperatura continúa aumentando se vuelve líquido. El asfalto usado en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentación es llamado cemento asfáltico, que es un material espeso con alta facilidad de adherencia ante los agregados. Se sabe que, el crudo del petróleo es refinado por destilación, proceso por el cual es sometido a un calentamiento y evacuado como vapor a una torre donde las diferentes fracciones son separadas.

Propiedades Físicas del Asfalto

Durabilidad; capacidad de mantener sus propiedades con el paso del tiempo y ante las acciones de los agentes que generan envejecimiento.

Adhesión y Cohesión; adhesión es la capacidad que tiene el asfalto para unirse con el agregado y generar una mezcla asfáltica consistente. Cohesión, se refiere a la capacidad que tiene el asfalto de mantener firmemente los agregados ante las fuerzas aplicadas por el paso vehicular que recibe capa bituminosa.

Flexibilidad; es aquella capacidad que posee el pavimento asfáltico para soportar y adaptarse a movimientos y asentamientos de la base, con el fin de no agrietarse.

Endurecimiento y Envejecimiento; el endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación lo cual ocurre a elevadas temperaturas, ya que el azufre acelera a los hidrocarburos del petróleo en presencia del aire. Por lo tanto, el envejecimiento es un fenómeno que se presenta al interactuar las variables extrínsecas e intrínsecas, esto se produce debido a la volatilización que tiene el asfalto mientras se encuentra a temperaturas altas, la oxidación por los factores medio ambientales y el endurecimiento por el repentino cambio de temperatura semejante a la del ambiente en el que se está elaborando.

La figura n°01, muestra el Proceso de petróleo para obtener el cemento asfáltico:

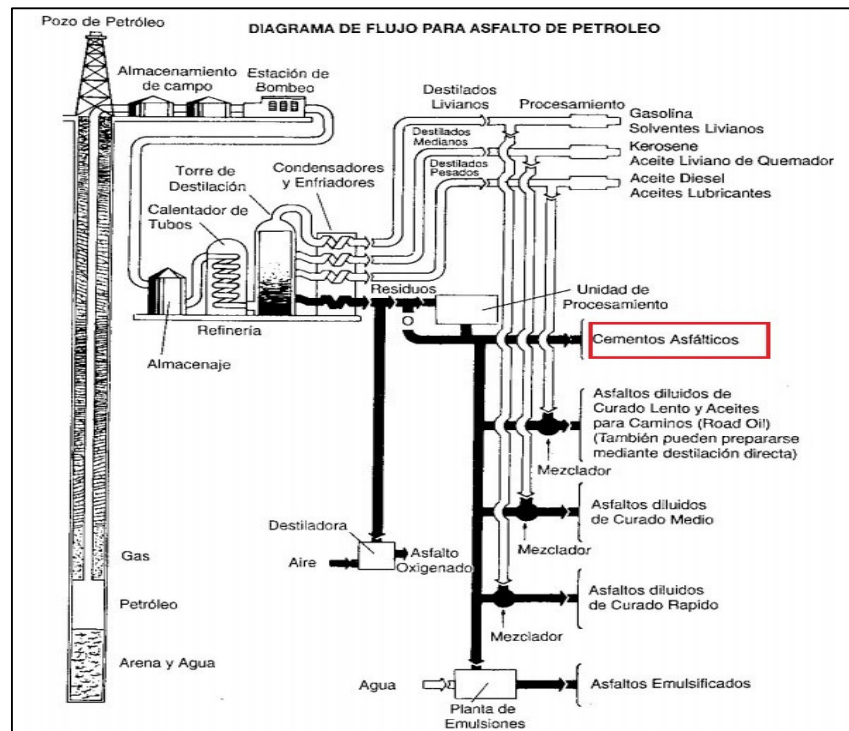


Figura 01: Diagrama de flujo para asfalto de petróleo (Fuente: Principios de construcción de pavimentos de MAC del Asphalt Institute. Serie de Manuales n°22)

EMULSIÓN

Reseña histórica

El desarrollo de la emulsión se dio en New York a mediados del siglo XX, siendo utilizado por primera vez para aminorar el polvo que se presentaba constantemente en el año 1905. A falta de conocimiento que tenía el ser humano del material, su empleo fue creciendo lentamente y a la vez surgieron nuevos tipos de emulsión para elegir. Fue entonces que, las primeras fabricaciones fueron de naturaleza aniónica, presentando problemas de adhesividad y como solución surgieron las emulsiones catiónicas, las cuales alcanzaron su pleno desarrollo en la industria. En 1953, aparecieron en todo Europa donde varios factores contribuyeron para el aumento del insumo, como lo fue en la crisis energética y la embargación del petróleo en medio oriente, siendo la administración federal de energía que decidió conservarlo.

Figura n°02: Primeros usos de Emulsiones



Fuente: Tesis de Alejandro Vargas - Experiencia de diseño de micropavimentos en El Salvador.

Descripción

(MANUAL DE CARRETERAS, 2013) es aquel producto bituminoso compuesto por tres insumos: cemento asfáltico, emulsificante y agua, que, a su vez, en algunos casos puede contener estabilizantes, mejoradores de adherencia o controladores de rotura. La rotura surge cuando el agua se pone en contacto con el material pétreo provocando un desequilibrio y llevando las partículas del asfalto a la superficie con el fin de adherirse. La emulsión se puede obtener a partir de tres energías (física, química y mecánica), para el presente proyecto de investigación, solo se describirá la energía química.

Para la química, la emulsión está formada por dos líquidos inmiscibles, o sea, que no se mezclan en su totalidad y para mantenerse unidos necesitan de un emulsificante, emulsionante o emulgente. Lo que caracteriza a las emulsiones, es que siempre son de fases

líquidas, y a su vez, constan de dos distintas. La primera fase es continua (solución acuosa), que es aquella que emerge en su totalidad a la fase dispersa; como ejemplo tenemos al ácido, agua, emulgente o aditivo. La segunda fase es la dispersa (asfalto), que es minoritaria, y se encuentra dentro de la fase continua.

Agente

El emulsificante es un agente tenso activo que ayuda a la mezcla compuesta por dos sustancias líquidas que son inmiscibles o difíciles de combinar y a la vez, controla el tiempo de rotura venciendo la tensión de la fase discreta (asfalto) y la fase continua (agua). De esta forma, al adicionar el emulsivo, se consigue formar una emulsión estable y homogénea.

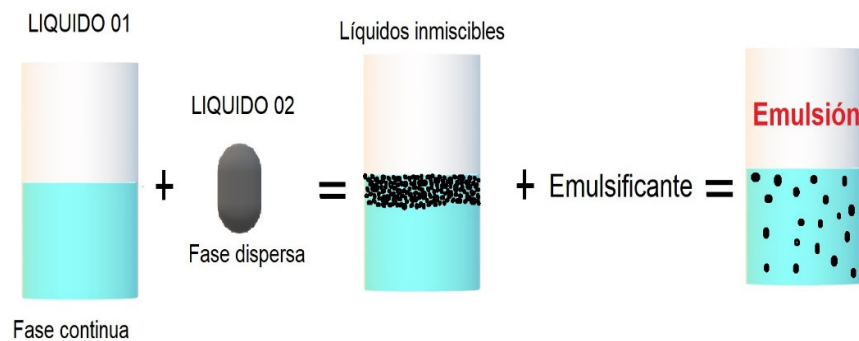
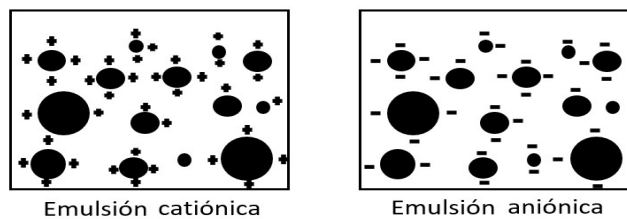


Figura n°03: Fases de la emulsión (Fuente: Elaboración Propia)

Clasificación de emulsión por tipo de carga eléctrica

La emulsión asfáltica se clasifica según las cargas eléctricas que rodean las micelas del asfalto, denominándolas como catiónicas, aniónicas y no iónicas. Las emulsiones aniónicas son aquellas partículas del asfalto con carga negativa, debido a que están rodeadas por iones tipo aniónicos; las emulsiones catiónicas son aquellas partículas del asfalto con carga positiva, debido a que están rodeadas por iones tipo cationes; y las emulsiones no iónicas son aquellas que no contiene cargas eléctricas, esto se debe a que no existe una atracción electrostática entre el surfactante y el sustrato en la emulsión.



Clasificación de emulsión por velocidad de rotura

La presente clasificación se basa a que las gotas de asfalto en la emulsión, se juntan restaurando el volumen del cemento asfáltico, debido a que esta se vuelve inestable y rompe tras entrar en contacto con el agregado. Cuando el producto de las dos fases líquidas se vierte sobre agregados pétreos, desaparece, con el fin de que el agua se libere y pueda evaporarse. Como consecuencia a ello, la fuerza por la atracción molecular de asfalto llega a ser mayor que el rechazo electrostático, y es así como se convierte en una película con un determinado espesor de asfalto (por la evaporación del agua, los iones del asfalto se adhieren con los de la superficie de los agregados). De tal manera, las emulsiones se clasifican en:

- Emulsiones asfálticas de rotura rápida (RS y CRS): Son aquellas que rompen rápidamente y por ello se suelen utilizar en tratamientos superficiales o riegos. También, no son compatibles con los agregados y mucho menos con aquellos que poseen material fino, motivo de que el rompimiento es inmediato y se obtiene un recubrimiento de material pétreo insuficiente.

- Emulsiones de rotura media (MS, HFMS y CMS): Su ruptura es medianamente y a diferencia de las de rotura rápida, poseen compatibilidad con los agregados gruesos cuando su contenido de finos es menos de 2%, por lo cual se utilizan para películas de mezclas en frío y también como bacheos.

- Emulsiones de rotura lenta (SS y CSS): Son aquellas de ruptura lenta, es decir, rompe en largo tiempo y se utiliza para mezclas en frío. Se caracterizan por su diseño que les permite mezclar perfectamente con los agregados finos, a diferencia de las otras emulsiones.

A continuación, se detalla la nomenclatura que acompaña a los diferentes tipos de rotura de las emulsiones: La letra “C” significa que la emulsión es catiónica y la ausencia de dicha letra indica que es aniónica. El número “1” indica que es de baja viscosidad y el número “2” indica que es de alta viscosidad. La letra “H” que va después del número, significa Hard, alta consistencia o dura y la letra “S” significa Soft, baja consistencia o blanda. Usualmente, la letra “P” aparece como nomenclatura de los micropavimentos, que significa que la emulsión de rotura controlada contiene Polímero.

En la Tabla n°01 se puede apreciar el contenido técnico que nos brindan las normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y ASTM (American Society for Testing and Materials):

TIPO DE ROTURA	EMULSIONES ANIÓNICAS	EMULSIONES CATIÓNICAS
Rotura rápida (Rapid Setting)	RS-1	CRS-1
	RS-2	CRS-2
Rotura media (Medium Setting)	MS-1	CMS-2 CMS-2h
	MS-2	
	MS-2h	
	HFMS-1	
	HFMS-2	
Rotura lenta (Slow Setting)	SS-1	CSS-1
	SS-1h	CSS-1h
Slurry Seal (Quick Setting)	QS-1h	CQS-1h
Micro surfacing	*****	CQS-1hP

Tabla 1: Clase de emulsiones según su tipo de rotura
(Fuente: Elaboración propia)

Proceso de Rotura y Curado

Para que el proceso de rotura se pueda dar con total éxito, como primera instancia, se tiene que separar el agua de la fase asfáltica mediante la evaporación. Para las emulsiones de rotura rápida, el proceso de rotura se da mediante el contacto con químicos o sustancias extrañas. Para las emulsiones de rotura lenta, el proceso de rotura se da mediante la evaporación, es por ello que suelen demorar mucho tiempo.

Polímeros

Debido al diseño del Micropavimento en la presente investigación, se encuentra el polímero, por ello se brindará un breve concepto de ello; donde se dice que los polímeros son macromoléculas de alto peso molecular, formadas mediante la unión covalente de unidades llamadas monómeros. La adición de los polímeros mejora las propiedades de adhesión y cohesión, reduce la susceptibilidad al cambio de temperatura y aumenta la rigidez. Para la presente tesis, se hará uso del copolímero SBR.

MICROPAVIMENTOS

Reseña Histórica

El desarrollo del Micropavimento se dio en Europa a mediados de los años 70, donde la compañía francesa Screg Route diseñó el primer Micropavimento de nombre Seal-Gum (sello de goma), el cual poco después fue mejorado por la compañía alemana Raschig. A principios de 1980, la compañía alemana comenzó a comercializar el producto en Estados Unidos, con el nombre de Ralumac; finalizando el año 1980, una compañía española de nombre Elsamex desarrolló y ofreció su Micropavimento en Estados Unidos, bajo el nombre de MacroSeal, que durante el tiempo mencionado fue un éxito.

Definición

De acuerdo con la norma ISSA A143 (INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION A143, 2010) se dice que el micropavimento es producto del asfalto emulsionado modificado con polímero, agregado mineral al 100%, agua y aditivos; combinados, proporcionados y puesto de manera uniforme sobre una superficie adecuadamente preparada. Asimismo, es un sistema de curado y rotura controlada que permite la apertura de tránsito en poco tiempo después de ser colocado; por lo general este sistema debe aceptar tránsito recto sobre una superficie gruesa de 1.27 cm en una hora. Algo muy importante que destacar, es que el asfalto emulsionado debe ser modificado con polímero, para ello debe estar fresado o fusionado con el cemento asfáltico o la solución emulsionante antes del proceso de emulsificación. En la mayoría de casos, siempre se suele considerar un 3% de polímero en relación al peso del asfalto.

Beneficios según su uso

- Apertura de manera inmediata el tránsito vehicular, siendo casi exactos, en una hora después de su aplicación en el campo y sin la necesidad de compactar.
- Mejora sustancialmente la adherencia sin la necesidad que se proceda con la partida de riego de liga y es de poco espesor, por lo tanto, es un beneficio económico que nace.
- A comparación de la MAC y del Slurry Seal, su propiedad de impermeabilización es mucho mayor al de las mencionadas y a su vez, incrementa la durabilidad del pavimento en zonas de altura debido a la estructura química del polímero.

DISEÑO DE MICROPAVIMENTO

En el presente proyecto de investigación, los métodos que se utilizarán para el diseño del micropavimento, estarán a base de las normativas, International Slurry Surfacing Association (ISSA), Manual del Instituto del Asfalto (Asphalt Institute), Especificaciones Técnicas Generales (EG-2013), American Association of State Highway and Transportation Officials, American Society for Testing Materials y otras publicaciones.

Dichos ensayos serán realizados para los insumos que componen al micropavimento, siendo estos, agregado mineral, emulsión asfáltica (incluye ensayo para el residuo asfáltico) y finalmente, el ensayo para el diseño del micropavimento.

A) ENSAYO PARA AGREGADO MINERAL AL 100%

Según la norma (INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION A143, 2010) el agregado mineral a utilizar debe ser de Tipo II y Tipo II. El material será de piedra molida (caliza, granito, sílex u otro agregado de alta calidad o combinación de los mismos. Para asegurarse de que el material esté molido en su totalidad, el agregado madre será mayor que la piedra más grande de la gradación utilizada (el ensayo de abrasión se realiza en el agregado madre). Los agregados (excluyendo finos) constituyen entre el 82 – 90 % del peso de Micropavimento, también, deben estar libres de sustancias químicas u otras materias debido a que pueden afectar la adherencia durante su mezclado y colocación. Según su gradación, tenemos al Tipo II, donde esta gradación de agregado se utiliza para rellenar huecos de la superficie, reparar problemas del pavimento, sellar y brindar una superficie durable. Seguidamente, tenemos al Tipo III, donde la gradación de agregado brinda máxima resistencia ante el deslizamiento y una superficie de menor desgaste. Este tipo es apropiado para pavimentos de alto tránsito, relleno de baches o para ser colocado en superficies muy texturadas que requieran un agregado de mayor tamaño para rellenar huecos. Según su beneficio, tenemos lo siguiente:

Tipo II: Previene el envejecimiento, recupera la superficie de ahuellamientos, apto para tráfico moderado o pesado y resistente al deslizamiento.

Tipo III: Apto para tráfico pesado, alta resistencia al deslizamiento y valores elevados de resistencia a la fricción superficial.

Relleno Mineral

Según la norma (INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION A143, 2010) se puede utilizar como relleno mineral al cemento portland tipo I, cal hidratada, polvo de piedra caliza o ceniza volcánica, con un porcentaje de 0% a 3%. Este insumo mejora la parte fina de la curva granulométrica de los agregados, influyendo a la vez al tiempo de ruptura y curado del mortero asfáltico, acortando los tiempos de apertura al tránsito. Cabe resaltar, que el tamizado de los finos se realiza bajo las internaciones estándares AASHTO T37 y ASTM D 546.

Equivalente de Arena

Es aquel ensayo que nos brinda un índice representativo de las características de los finos que pasan el tamiz #04 que contiene un suelo granular. Dichos ensayos los ampara las normas ASTM D 2419 y AASHTO T 176; que, a su vez, recomiendan que el indicador sea mayor al 65 % del peso del material seleccionado. Determina la cantidad de arcilla o de finos plásticos.

Abrasión los Ángeles

Como su mismo nombre lo dice, en este ensayo se ve la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos de tamaño inferior 1 ½”, utilizando la máquina de los ángeles. Dicho ensayo es de suma importancia, ya que, si no se efectúa o no cumple con los parámetros, la superficie del micropavimento se vuelve lisa, por el rápido pulimiento que sufren los agregados. Las normativas que amparan dicho ensayo son ASTM C 131 y AASHTO T 96.

TIPO	NÚMEROS DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (grs)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Figura n°05: Esferas de fundición para Abrasión
(Fuente: ASSTHO T96)

TAMICES (Abertura cuadrada)		GRANULOMETRÍA DE LAS MUESTRAS (Peso en gramos)			
PASA	RETIENE	A	B	C	D
1 ½"	1 "	1250 + - 25	.....	.....	.....
1 "	¾ "	1250 + - 25	.....	.....	.....
¾ "	½ "	1250 + - 25	2500 + - 10	.....	.....
½ "	¾ "	1250 + - 25	2500 + - 10	.....	.....
¾ "	¼ "	.....	.....	2500 + - 10	.....
¼ "	No. 4	.....	.....	2500 + - 10	.....
No. 4	No. 8	.....	.....	.....	5000 + - 10
TOTAL		5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10
CARGA ABRASIVA (esferas)		12	11	8	6

Figura n°06: Gradación con carga abrasiva

(Fuente: AASHTO T 96)

Azul de metileno

El azul de metileno nos determina la cantidad dañina de arcilla o materia orgánica que contiene el agregado mineral, que a través de los valores de reactividad que sufren los agregados, indican las características necesarias del emulsificante químico a utilizar en el diseño de la emulsión.

Origen de Agregado	Porcentaje de Azul Metileno	mg/g
Roca basáltica	1.0	10.0
Granito	0.7	7.0

Tabla 2: Especificaciones para Azul de metileno

(Fuente: Elaboración Propia)

B) ENSAYOS PARA LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Según las exigencias de la normativa AASHTO M208 o ASTM D2397, la emulsión y su residuo deberán cumplir con los requisitos estipulados. Cabe señalar que, el asfalto debe ser modificado con polímero; el polímero en estado sólido debe contener un 3% con respecto al peso del asfalto.

Residuo asfáltico por evaporación

El presente ensayo, determina de manera cuantitativa los residuos asfálticos que se presentan en la emulsión asfáltica. Recordando a la vez su composición (base asfáltica, agente emulsificante y agua). Según las exigencias de las normativas ASTM D244, AASHTO T59 e ISSA A143, el residuo asfáltico deberá cumplir estrictamente los requisitos estipulados.

Ensayo	Especificación
Residuo asfáltico, %	Mín.62

Tabla 3:Exigencia para el residuo asfáltico
(Fuente: ISSA A143)

Viscosidad Saybolt Furol

El presente ensayo, determina la consistencia de los materiales asfálticos mediante sus características de flujo, para ello, se hace uso de un viscosímetro calibrado a 25°C. Lo mencionado debe estar bajo las exigencias de las normativas ASTM D244 y MTC E 403.

Ensayo	Especificación
Viscosidad Saybolt Furol @ 25°, ssf	20 - 100

Tabla 4: Exigencia para viscosidad Saybolt Furol
(Fuente: Elaboración Propia)

Estabilidad (24 horas), %

Como su nombre lo indica, determina la estabilidad al almacenamiento que conservan las emulsiones asfálticas de carga positiva y negativa. Las probetas deben contener 500 cm³ de emulsión asfáltica durante 24 horas y después colocarlas al horno a 163°C. El ensayo, está basado según las normativas ASTM D6930, ASSHTO T59 y MTC E404.

Ensayo	Especificación
Estabilidad en almacenamiento 24h, %	Máx.1

Tabla 5: Exigencia para estabilidad en almacenamiento 24h
(Fuente: Elaboración Propia)

Asentamiento (5 días), %

Este ensayo determina el grado de homogeneidad que conservan las emulsiones asfálticas catiónicas o aniónica, después de haber sido almacenadas durante un periodo prolongado (5 días). De igual manera que el ensayo anterior, las probetas deben contener 500 cm³ de emulsión. El ensayo, está basado en las normativas AASHTO T59 y ASTM D244-09.

Ensayo	Especificación
Estabilidad en almacenamiento 5d, %	Máx.5

Tabla 6: Exigencia para estabilidad en almacenamiento 5 días
(Fuente: Elaboración Propia)

Tamaño de partícula Tamiz #20, %

El ensayo de tamaño de partícula usando el tamiz #20, cuantifica el asfalto retenido en la malla, para determinar la uniformidad de la emulsión. La cantidad retenida del producto se debe a la mala fabricación de asfalto, contaminación o a la rotura de la emulsión; si en caso la retención del insumo es mayor a lo que exige la norma ASTM D244/53-58, se generará problemas en el manejo y aplicación de este.

Ensayo	Especificación
Tamiz #20, %	Máx. 0.1

Tabla 7: Exigencia para el tamaño de partícula con uso del tamiz #20
(Fuente:Elaboración Propia)

B.1) RESIDUO ASFÁLTICO

Es originado por el ensayo de evaporación a la emulsión, a ello se le realiza ensayos de los cuales son complemente para el diseño del micropavimento.

Punto de ablandamiento (Anillo y bola)

El ensayo de punto de ablandamiento determina la temperatura en que la consistencia del asfalto pasa de semisólido a líquido y dicha temperatura se encuentra en rango de 30°C a 157°C. El punto de ablandamiento es necesario para poder clasificar los asfaltos, ya que permite conocer su principal propiedad que lo caracteriza, termoplástico.

Ensayo	Exigencia
Punto de ablandamiento (bola-anillo), C°	55

Tabla 8: Exigencia para el Reblandecimiento del bitumen
(Fuente: ISSA A143)

Penetración al residuo

Determina la penetración de materiales bituminosos, por ser un ensayo de observación, no existe cálculo por realizar; pero los parámetros para realizar el ensayo se encuentran en las normas ASTM D5 y AASHTO T49.

Ensayo de Ductilidad

El presente ensayo determina la ductilidad del material bituminoso, sometiéndolo a tracción en condiciones de velocidad y temperatura; siendo la distancia máxima el estiramiento hasta el instante de rotura del espécimen, medido en centímetros. La elaboración de los procesos del ensayo, se encuentran descritas en la norma ASTM D113 y AASHTO T51.

Ensayo	Especificación
Ductilidad a 5°, cm	Min. 10cm

Tabla 9: Especificación para ensayo de ductilidad

(Fuente: Elaboración propia)

C) MEZCLA ASFÁLTICA

Tiempo de Mezcla

Es el primer paso que se da para proceder con el diseño de mezclas de micropavimento. Mediante este ensayo, se estima el tiempo de rotura de la mezcla asfáltica, debido a que se coloca a 25°C. El procedimiento del ensayo mencionado se encuentra en la norma ISSA TB 113.

Ensayo	ISSA	Especificación
Tiempo de Mezcla	TB 113	Min. 120 segundos

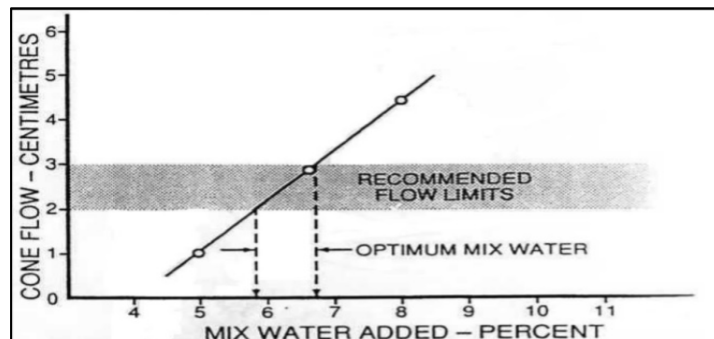
Tabla 10: Especificación para el tiempo de mezcla

(Fuente: Elaboración propia)

Consistencia de Cono de Kansas

Seguidamente del ensayo anterior (Tiempo de Mezcla), se procede con determinar la consistencia haciendo uso del Cono de Kansas. Dicho ensayo nos permitirá determinar la cantidad de agua requerida para que la mezcla logre su estabilidad y trabajabilidad. El presente ensayo está descrito en la norma ISSA TB106.

Figura n°06: Curva de Consistencia (Fuente: ISSA TB106)



Cohesión húmeda (Wet Cohesión)

El ensayo de cohesión húmeda nos muestra la evolución de la consistencia de la mezcla en función al tiempo de curado. Nos permite determinar las características de rompimiento de la mezcla y grado de cohesión entre el material granular y emulsión. En los 30 minutos de dicho ensayo, determina la rotura de la mezcla, teniendo una exigencia de 12 kg-cm; y en los 60 minutos del ensayo, determina el tráfico de la mezcla, siendo exigencia 20 kg-cm. Según lo mencionado en líneas arriba, la mezcla asfáltica tiene que cumplir las exigencias de la norma ISSA TB139.

Ensayo	Especificación
Cohesión húmeda 30min, kg-cm	Mín. 12
Cohesión húmeda 60min, kg-cm	Mín. 20

Tabla 11: Especificación del ensayo de Cohesión húmeda
(Fuente: Elaboración propia)

Rueda cargada y adhesión de arena (Loaded Wheel Test - LWT)

Es aquel ensayo que precisa el exceso de asfalto en mezclas bituminosas, donde cargas pesadas sobre una rueda generan movimiento en la mezcla, generando que el asfalto exude y asimismo la arena se adhiera. También, mide desplazamientos laterales por el mismo trabajo generado por el peso sobre la rueda. El ensayo, tiene que cumplir con las exigencias de la norma EG-2013 e ISSA TB109.

Ensayo	Exigencia	Norma
Rueda cargada, gr/m ²	Máy. 538	ISSA TB109

Tabla 12: Exigencia del ensayo Rueda Cargada y adhesión de arena
(Fuente: ISSA TB 109)

Vehículos/ día	Máxima adhesión de arena (g/m ²)
0 a 500	750
500 a 1500	650
1500 a más de 3000	538

Tabla 13: Cantidad máxima de arena adherida para verificar el diseño
(Fuente: EG-2013)

Pérdida de Abrasión en Húmedo (Wet Track Abrasión Test)

Este ensayo es un complemento para al diseño de la mezcla asfáltica, pues su propósito es determinar la resistencia al desgaste por abrasión de una mezcla de micropavimento, bajo una simulación de la superficie del pavimento, saturada con agua. Mediante esta prueba, se halla la cantidad de emulsión asfáltica necesaria para obtener una mezcla con suficiente cohesión, con el fin de poder resistir la acción abrasiva al tráfico.

Ensayo	Exigencia	Norma
Pérdida de abrasión en húmedo	-----	-----
1 hora de inmersión	Máx. 538 grs/m ²	ISSA TB 100
6 horas de inmersión	Máx. 807 grs/m ²	ISSA TB 100

Tabla 14: Exigencia del ensayo Pérdida por Abrasión Húmeda.
(Fuente: Elaboración Propia)

A continuación, en la Tabla n°15, se aprecia el resumen total de dichos ensayos, siendo para diseño de micropavimento y para control de calidad in situ.

Descripción de Ensayos	Normativas			
	ASTM	AASHTO	ISSA A143/TB	ESPECIFICACION ES
a) Agregado Mineral				
Granulometría	C-117 y C-136	T-27 y T11	ISSA 2010	Husso II y III
Equivalente de Arena de materiales pétreos	D 2419	T 176		> 65%
Abrasión los ángulos	C 131	T 96		30 % máx.
Azul de metileno			TB-145	< 10 mg/g
b) Emulsión Asfáltica				
Residuo asfáltico (evaporación)	D-244/11-15	T 59	A143	Mín. 62
Viscosidad Saybolt Furol	D 244/29-33	T59		20-100
Estabilidad (24 horas), %	D 244-09	T 59	A143	Máx. 1
Asentamiento (5 días), %	D 244-09	T 59	A143	Máx. 5
Tamiz #20, %	D 244/53-58	T 59		Máx. 0.1
b.1) Residuo asfáltico				
Punto de ablandamiento, C°	D 36	T 53	A143	55
Penetración al residuo a 25°	D 5	T 49	A143	40-90
Ductilidad a 5°, cm	D 113-07	T 51		Mín.10
Ductilímetro lineal a 25°, %	D 6084-06			Mín.60
c) Mezcla Asfáltica				
Tiempo de mezcla			TB 102	> 120 seg
Consistencia Cono de Kansas			TB 106	
Diseño de Micropavimento				
Ensayo de cohesión 30 min,			A143	Mín. 12 kg-cm
Ensayo de cohesión 60 min			A143	Mín. 12 kg-cm
Ensayo de Rueda cargada			TB 109	Máx. 538 g/m2
Ensayo de Abrasión			TB 100	Máx. 538 g/m2

Tabla 15: Resumen de Ensayos para el Diseño de Micropavimento
(Fuente: Elaboración Propia)

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

- ¿De qué manera el Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) mejora el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las características y el comportamiento de los agregados minerales para el Diseño de Micropavimento?
- ¿Se cumplirá los estándares de la normativa ISSA A143 para los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento?
- ¿Es óptima la cantidad de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento?
- ¿El costo por metro cuadrado de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) es más económico que el del pavimento flexible?

JUSTIFICACIÓN

La presente tesis se justifica técnicamente, debido a que se realiza una serie de ensayos, de tal manera que con los resultados se llegue al diseño del Micropavimento con emulsión asfáltica modificada con polímero. Asimismo, para que los ensayos sean eficientes, se tiene que cumplir las especificaciones que las normativas exigen. Para los agregados minerales, se realiza el Ensayo de Granulometría donde intervienen las normas ASTM C117-C136, AASHTO T27-T11, ISSA A2010; ensayo equivalente de arena donde intervienen las normas ASTM D2419, AASHTO T176; ensayo abrasión de los ángeles donde intervienen las normas ASTM C131, AASHTO T96 y el ensayo azul de metileno, donde interviene la norma ISSA TB145. Para la emulsión asfáltica, se realiza los ensayos de residuo asfáltico, viscosidad Saybolt Furol, estabilidad, asentamiento y el Tamiz #20, las normas que intervienen son ASTM, AASHTO e ISSA A143. Para la mezcla asfáltica, los ensayos a realizar estarán únicamente bajo las exigencias de la normativa ISSA A143.

De tal manera, se justifica en aspecto práctico debido a que la superficie de rodadura en el camino vecinal de Sumuche Alto se encuentra desgastado y en malas condiciones, que por las intensas lluvias deterioró dicho camino. De lo mencionado, el micropavimento solucionará dichas fallas existentes en la superficie, beneficiando a los transportistas y pobladores; además, se opondrá ante el excesivo costo que suele tener una pavimentación con mezcla asfáltica en caliente.

Siendo así, se justifica metodológicamente ya que se realizará un estudio cuantitativo por la manera del desarrollo de la presente investigación, asimismo, servirá como guía o referencia a investigaciones futuras por parte de los estudiantes o profesionales, para lo cual debe existir relación con el presente tema; Diseño de Micropavimento con emulsión asfáltica modificada con polímero (CQS-1hP).

Se justifica por relevancia social, ya que al realizar el diseño de micropavimento con emulsión asfáltica modificada con polímero, se deja evidencia de lo beneficioso que es su aplicación, a las entidades encargadas de dicha zona, ellas lo podrán evaluar y tomar decisiones correctivas para que se pueda mejorar el camino vecinal de Sumuche Alto, lo cual contribuye al desarrollo socio-económico.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar el Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características y desempeño de los agregados minerales para el Diseño de Micropavimento.
- Determinar los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento.
- Determinar la cantidad óptima de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento.
- Determinar el costo por metro cuadrado de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) y el del pavimento flexible.

1.4 HIPOTESIS

1.4.1 Hipótesis General

- El Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) mejora el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Las características y el comportamiento de los agregados minerales cumplen las pruebas de desempeño para el Diseño de Micropavimento.
- Los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) cumple las exigencias de la norma ISSA A143 para el Diseño de Micropavimento.
- La cantidad de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1HP) es óptima para el Diseño del Micropavimento.
- El costo por metro cuadrado de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1HP) es más económico que el de un pavimento flexible.

II. MÉTODO

2.1 Diseño De La Investigación Experimental

De acuerdo a nuestras variables, dependiente e independiente, se concluyó que el estudio a elaborar es de tipo experimental ya que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. (Hernández Sampieri, 2014). También, es experimental-transeccional, al desarrollarse estudios en laboratorio aplicados en un determinado tiempo. Es descriptivo, debido a que consta de algunos ensayos (para la mezcla asfáltica) que se utiliza el método de la observación, del cual se describen ciertas características presentadas en la mezcla, buscando el cumplimiento de los objetivos planteados en la presente tesis.

2.1.1 Tipo de Investigación

Es de tipo aplicativo, puesto que se empleará conocimientos de teorías acerca del diseño de micropavimento, así como de los materiales e insumos que componen dicha mezcla basados en las normativas ASTM, AASHTO, EG-2013 e ISSA A143; todo ello, con el fin de dar parámetros y recomendaciones que se acerquen al resultado del proyecto. Es de nivel descriptivo, ya que se utiliza la técnica de la observación y describe los procesos a seguir para llegar al diseño del micropavimento con emulsión asfáltica modificada (CQS-1hp); de esta manera se reemplazará a la pavimentación tradicional, reduciendo el gran impacto en costos y beneficiando a los usuarios en dicha población.

2.2 Operacionalización De Variables

La presente tesis, consta de dos variables, las cuales son pendiente e independiente, respectivamente:

- **Emulsión asfáltica modificada con polímero CQS-1hp:** Es aquel producto de rotura controlada obtenido por la dispersión de una fase asfáltica en una fase acuosa, que para aplicaciones de mayor desempeño se modifica con polímeros. (TDM, 2016).
- **Micropavimento:** Es una mezcla monolítica de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, filler, agua y aditivo; adecuadamente proporcionados, mezclados y aplicados en una superficie preparada de acuerdo a una especificación (ISSA A143, 2010).

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES DEL DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO (CQS-1HP) PARA EL CAMINO VECINAL DE SUMUCHE ALTO – DISTRITO DE HUARMACA, HUANCABAMBA, PIURA 2018.

Variables		Definición Conceptual	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores	Escalas de Medición
Variable Independiente:	Emulsión Asfáltica con polímero CQS-1HP	“Es aquel producto de rotura controlada obtenido por la dispersión de una fase asfáltica en una fase acuosa, que para aplicaciones de mayor desempeño se modifica con polímeros.” (TDM, 2016)	Caracterización de Agregados Minerales.	Se determinará el comportamiento de los agregados minerales ante las pruebas de desempeño.	<ul style="list-style-type: none"> - Granulometría para mezclas de Micropavimento - Abrasión los ángeles. - Equivalente de arena. - Pasantes en la Malla #200. - Azul de Metileno. - Gravedad Específica. 	Cuantitativa
			Caracterización de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero	Se determinará los ensayos de calidad a Emulsión Asfáltica modificada con Polímero, así mismo a su porcentaje residual de asfalto.	<ul style="list-style-type: none"> - Residuo Asfáltico. - Viscosidad. - Asentamiento. - Estabilidad. - Tamiz N° 20. - Penetración al residuo. - Reblandecimiento del bitumen. 	Cuantitativa
			Costo - Beneficio.	Se elaborará el análisis de costo unitario de la emulsión asfáltica modificada con polímero siendo comparado con el convencional.	Aporte al cuidado del medio ambiente.	De razón o proporción

Tabla 16: Operacionalización de Variables
(Fuente: Elaboración Propia)

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES DEL DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO (CQS-1HP) PARA EL CAMINO VECINAL DE SUMUCHE ALTO – DISTRITO DE HUARMACA, HUANCABAMBA, PIURA 2018.

Variables		Definición Conceptual	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores	Escalas de Medición
Variable Dependiente:	Micropavimento	“Es una mezcla monolítica de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, filler, agua y aditivo; adecuadamente proporcionados, mezclados y aplicados en una superficie preparada de acuerdo a una especificación”. (ISSA A143, 2010)	Diseño de Mezcla	Se determinará el Diseño de Micropavimento para el Camino Vecinal de Sumuche Alto	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de Mezcla. - Consistencia Cono de Kansas. - Ensayo de Cohesión. - Ensayo de Abrasión en Húmedo. - Ensayo de Rueda Cargada y adherencia de arena. 	Cuantitativa.

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Hernández Sampieri, 2014).

En la presente investigación, la población es el distrito de Huarmaca – Huancabamba, que cuenta con 35 548 habitantes y una superficie de 1098.22 km², ubicado a 228.9 km de la ciudad de Piura.

2.3.2 Muestra

La muestra es en esencia un subgrupo de la población. Es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (Hernández Sampieri, 2014) .

En la presente tesis, la muestra es el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Huarmaca.

2.4 Técnicas e instrumentos de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas

Según (Bernal, 2010) “En la actualidad, en investigación científica hay una variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo de una determinada investigación. De acuerdo con el método y el tipo de investigación que se va a realizar, se utilizan unas u otras técnicas”.

Las técnicas aplicadas para la presente tesis son de: Observación experimental y análisis documental.

2.4.2 Instrumento

(Hernández Sampieri, 2014) “Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente”.

En la presente tesis, los instrumentos son: fichas de registro de datos, ya que se registrarán los valores cuantitativos de los indicadores de la variable dependiente e independiente.

2.4.3 Validez

La validez es el grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide (Hernández Sampieri, 2014). La validez del contenido de los instrumentos registrados en las fichas de recolección del presente estudio, será realizado por juicios de expertos, ósea, ingenieros especialistas del tema de investigación de la facultad de ingeniería civil de la Universidad César Vallejo.

2.4.4 Confiabilidad de Instrumento

(Hernández Sampieri, 2014) la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. La confiabilidad de instrumento de la presente tesis, se logra mediante la obtención y verificación de datos, bajo las normativas ISSA A143, ASTM, AASHTO y EG-2013.

OBJETIVO ESPECÍFICO	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	BENEFICIO
➤ Determinar las características y desempeño de los agregados minerales para el Diseño de Micropavimento.	Agregado Mineral (Cantera Hualapampa).	Observación experimental	Resultados de material mineral Norma ASTM	Obtener las características del agregado mineral de la cantera Hualapampa.
➤ Determinar los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento.	Emulsión asfáltica y residuo asfáltico.	Observación experimental	Resultados de Emulsión y residuo asfáltico Norma ISSA A143, EG-2013	Obtener los ensayos de calidad de la emulsión asfáltica modificada para el diseño de micropavimento.
➤ Determinar la cantidad óptima de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento.	Mezcla Asfáltica.	Observación experimental	Resultados de Mezcla Asfáltica Norma ISSA A143	Obtener la cantidad óptima de emulsión asfáltica para el diseño de micropavimento.
➤ Determinar el costo por metro cuadrado de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) y el del pavimento flexible.	Precio Unitario de micropavimento y convencional.	Análisis documental	Análisis de precios unitarios	Obtener el costo unitario por metro cuadrado del micropavimento para la respectiva comparación con una mezcla asfáltica convencional

Tabla 17: Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos
(Fuente: Elaboración Propia)

2.5 Procedimiento

En las técnicas del procedimiento para el diseño de un micropavimento, nos basamos principalmente en la norma ISSA A143, seguidamente en ASTM, AASHTO para los materiales minerales y algunas recomendaciones de la norma peruana EG-2013; de las cuales hemos visto conveniente realizar la mayoría de ensayos. Primero, es de suma importancia verificar la caracterización de los agregados minerales, ya que estos deben cumplir con las especificaciones que establece las normas mencionadas, asimismo, los ensayos para el diseño del micropavimento deben cumplir con las exigencias cada una contiene, siguiendo los parámetros de calidad que estas nos brindan.

2.6 Aspectos Éticos

La presente tesis es realizada de acuerdo a principios éticos, se van a mencionar y respetar las fuentes (donde se describirán en la bibliografía), así como también se citarán de acuerdo con la norma ISO690, aprobada por la Universidad César Vallejo. Como profesionales es una obligación ayudar y contribuir en el desarrollo social para bienestar de la población.

El autor, se compromete a tomar en cuenta la veracidad de resultados; el respeto por la propiedad intelectual; el respeto por las convicciones políticas, religiosas y morales; respeto por el medio ambiente; responsabilidad social, política, jurídica y ética; respeto por la privacidad.

III. RESULTADOS

Para cumplir con el objetivo principal de Diseñar el Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto, se realizaron los ensayos correspondientes donde se determinó la caracterización de materiales minerales, emulsión, residuo asfáltico y mezcla asfáltica; mostrando los resultados obtenidos según el orden secuencial y consecuente de los objetivos específicos propuestos en el presente proyecto de investigación.

3.1 Para cumplir con el primer objetivo específico que es “Determinar la caracterización de los agregados minerales para el Diseño de Micropavimento”, se tuvo que realizar ensayos en el laboratorio de Emuldec Cía. Ltda. bajo las exigencias o parámetros que nos indican las normativas, teniendo como resultados lo siguiente:

3.1.1 Granulometría de los agregados minerales

Este ensayo determina la distribución del tamaño de las partículas de agregado, el cual es separado por mallas estandarizadas para la clasificación correspondiente. En la presente investigación, se considerará como parámetro granulométrico el Tipo II.

Procedimiento:

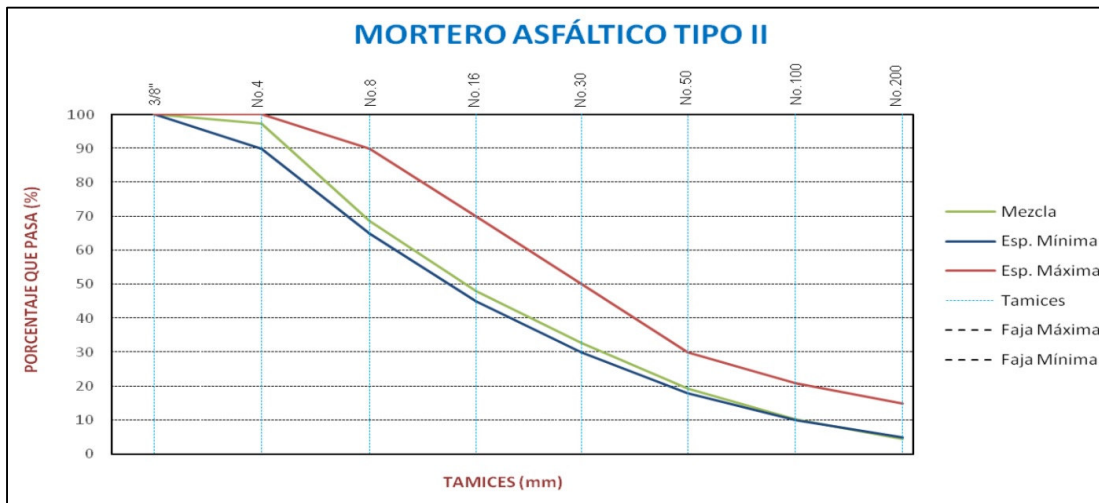
- ✚ Seleccionar el material de cantera para los ensayos (aproximadamente 50 kg).
- ✚ El material seleccionado se tiene que lavar, de tal manera que humedezca y quede limpio de limos o sedimentos. Para dicho procedimiento, se coloca en el tamiz N°10 y N°200° y se empieza a lavar reiteradas veces hasta que el agua salga de color transparente. Una vez que se haya cumplido dicho lavado, se procede a unir los materiales separados por el tamiz N°10 y N°200.
- ✚ El material es mezclado, después de haberlo sometido al cuarteo y se coloca en el horno a una temperatura de 140°, debido a que contiene demasiada agua. Usualmente la temperatura es de 110°C -120° C.
- ✚ Retirar las muestras después de haber cumplido las 24 horas en el horno.
- ✚ Se procede con el ensayo de Granulometría, pasando el material por una serie de tamices, siendo estos de 3/8”, #04, #08, #16, #30, #50, #100 y #200, de manera mecánica.
- ✚ El material retenido se pesa (gr) por cada serie de tamiz, según lo amerita.

Resultados:

La caracterización de los agregados de la Cantera Hualapampa, cumple con el tipo de graduación Tipo II.

GRANULOMETRÍA NORMA ASTM C-136 ; ASTM C-117									
Tamiz N°	Abertura (mm)	Retenido parcial	Retenido parcial	R. Parcial Corregido	R. Parcial Corregido	Peso Parcial	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa %
		Muestra n° 01	Muestra n° 02	Muestra n°01	Muestra n°02	Promedio	Parcial	Acumulado	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	47.23	56.98	47.34	57.12	52.20	2.60	2.60	97.40
Pasa N°4		1933.50	2008.74	1933.39	2008.60	1971.00			
N°8	2.360	574.15	588.33	575.44	589.80	582.60	28.80	31.40	68.60
N°16	1.180	417.11	418.25	418.04	419.30	418.70	20.70	52.10	47.90
N°30	0.600	298.79	314.30	299.46	315.09	307.30	15.20	67.30	32.70
N°50	0.300	253.89	286.40	254.46	287.12	270.80	13.40	80.60	19.40
N°100	0.150	174.01	196.60	174.40	197.09	185.70	9.20	89.80	10.20
N°200	0.075	118.63	108.18	118.90	108.45	113.70	5.60	95.40	4.60
Pasante N°200						92.2	4.6	100	0
Total		1980.73	2065.72	1980.73	2065.72	2023.2			

Tabla 18: Resultado de Granulometría por Tamizado de la Cantera Hualapampa



Interpretación: En la figura n°07 de la presente investigación, se puede observar que la curva granulométrica está dentro de las especificaciones mínimas y máximas, que brinda la normativa ISSA.

Registro de ensayo:



Fotografía N°01. Lavado de material mineral en tamiz #10 y #200.
Ensayo de Granulometría



Fotografía N°02. Tamizado mecánico.
Ensayo de Granulometría.

3.1.2 Equivalente de Arena de materiales pétreos

El presente ensayo, nos determinará un índice representativo de la proporción y características de los finos que contiene el material mineral, mediante la separación de arcilla, arena e impurezas.

Procedimiento:

- ✚ Se procede con llenar las probetas de 4" de agua con solución para el ensayo de equivalente de arena.
- ✚ Dejar la muestra por 10 minutos para la separación de arcilla y arena. Asimismo, se realiza un pequeño movimiento para sacar el aire atrapado en ello.
- ✚ Después, agitar dando 90 ciclos de movimiento (para la primera probeta).
- ✚ Se controla en tiempo de 2 a 3 minutos para proceder a llenar la siguiente probeta (recordando que en total son 4 probetas), de igual manera que el anterior paso, se procede a realizar un pequeño movimiento con fines de evitar aire atrapado.
- ✚ Una vez que se haya realizado los procedimientos, se repiten para las 3 probetas restantes, y se tiene que dejar por 10 minutos en reposo (para cada probeta).
- ✚ Cumplido el tiempo de reposo, se agitan de tal manera que cumplan los 90 ciclos de agitación.
- ✚ Seguidamente, con la misma agua con solución, se procede a llenar hasta las 15".
- ✚ Se deja en reposo por 20 minutos a cada una de nuestras muestras, que para este caso fueron las retenidas en la malla n°08 y pasante la malla n°04 y se procede al calculo del fino que contiene cada una de ellas.

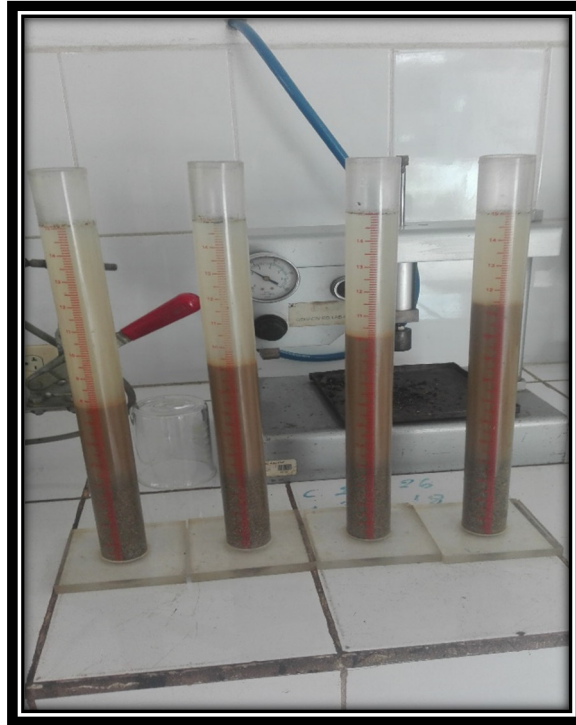
Resultados:

DESCRIPCIÓN	Muestra N°01	Muestra N°02	Muestra N°03	Muestra N°04	
Lectura Arcilla	6.50 Pulgada	7.10 Pulgada	6.90 Pulgada	6.20 Pulgada	
Lectura Arena	3.90 Pulgada	4.30 Pulgada	4.30 Pulgada	3.90 Pulgada	
Equivalente de Arena	60.00%	60.56%	62.32%	62.90%	
					PROMEDIO
					61.45%

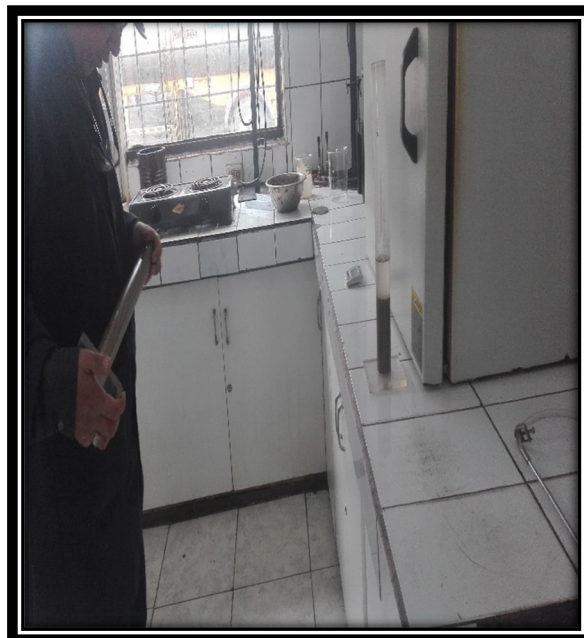
Tabla 19: Resultado de Equivalente de Arena

Interpretación: Como se puede apreciar, la muestra n°01 da una lectura de 6.50" de arcilla y 3.90" de arena; la muestra n°02 da una lectura de 7.10" de arcilla y 4.30" de arena; la muestra n°03 da una lectura de 6.90" de arcilla y 4.30" de arena; la muestra n°04 da una lectura de 6.20" de arcilla y 3.0" de arena; Teniendo un promedio de 61.45%.

Registro de ensayo:



Fotografía N°03. Reposo de 10 minutos del material mineral.
Ensayo Equivalente de arena.



Fotografía N°04. Agitación de probeta con material (90 ciclos).
Ensayo Equivalente de arena.

3.1.3 Absorción de Azul de metileno

Determina la cantidad de arcilla dañina o materia orgánica presente en el material pasante la malla n°200, así como las características del emulsificante químico a utilizar en el diseño de emulsión, ya que se hace una verificación de la reactividad de estos.

Procedimiento:

- ✚ Con el material pasante de la malla n°200, se procede a pesar 1 gramo de ello y adicionalmente 29 gramos de agua destilada, de tal manera que nos dé un peso total de 30 gramos, el cual será evaluado.
- ✚ Después, se coloca en el termo añadiendo 1 ml/gr de metileno durante 1 minuto.
 - En caso no se cumpla el borde color azul, se sigue añadiendo más metileno, hasta que se obtenga dicho borde azulado.
 - Si cumple el bode de color azul, se deja reposar por 5 minutos para que este se despliegue. En caso que no suceda dicho despliegue, se da como conclusión que cumplió.
- ✚ Basta con 1 sola prueba del presente ensayo. Posterior a ello, se procede a desechar.

Resultados:

N° DE LECTURA	Azul de Metileno
Lectura n°1	8.00 mg-g
Lectura n°2	8.00 mg-g
Lectura n°3	9.00 mg-g

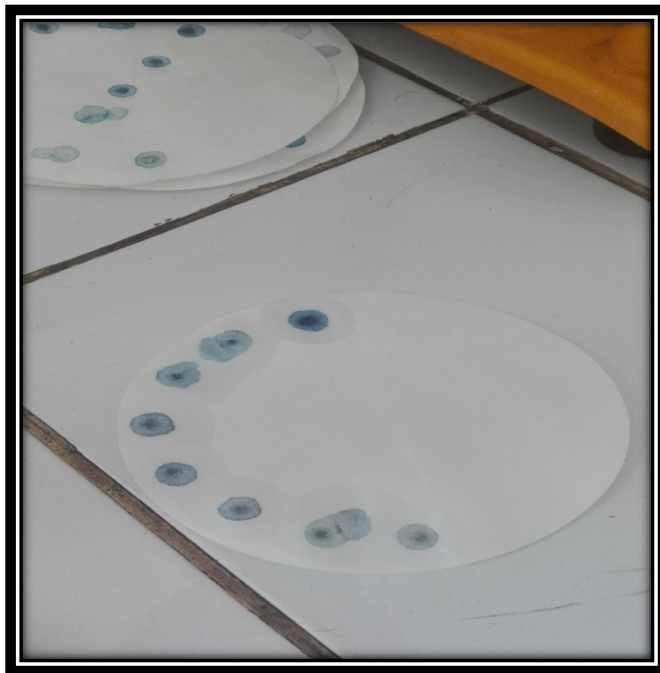
Tabla 20: Resultado de Azul de metileno

Interpretación: El tabla n°20, se presenta tres lecturas diferentes, de las cuales, la primera lectura tiene 8.00 mg -g; la segunda lectura presenta 8.00 mg-g y, por último, presenta 9 mg-g. Por lo tanto, se cumple con los parámetros que estipula la norma ISSA A143.

Registro de ensayo:



Fotografía N°05. Contenido de metileno.



Fotografía N°06. Ensayo de Absorción Azul de metileno.

3.2 Para cumplir con el segundo objetivo específico que es “Determinar los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP)”, se tuvo que realizar ensayos en el laboratorio, así como a su residuo asfáltico, bajo las exigencias o parámetros que nos indican las normativas, teniendo como resultados lo siguiente:

3.2.1 Ensayo de Asfalto Residuo

Determinar de manera cuantitativa el residuo asfáltico que contiene la emulsión mediante la evaporación, y así realizar los ensayos respectivos para dicho residuo.

Procedimiento:

- ✚ Seleccionar 3 vasos, donde se almacenará la emulsión con asfalto residual.
- ✚ Seguidamente, se pesa cada tarrito con la plumilla incluida dentro de este, en la balanza estandarizada (gr).
- ✚ Después, se procede a echar 50 gramos de emulsión en cada tarrito y se va tomando medida de su peso.
- ✚ Llevar al horno a 163°C durante un tiempo de 3 horas, con el fin de que se evapore el agua.
- ✚ Exactamente a las 2 horas, se agita el tarrito con varillas de vidrio.
- ✚ Una vez retiradas las muestras del horno, se procede a tomar su peso.

Resultados:

DESCRIPCIÓN	Tarrito n°01	Tarrito n°02	Tarrito n°03
Peso Inicial	50.02	50.10	50.08
Peso Final	31.82	31.70	31.65
Residuo Asf. (%)	63.61%	63.27%	63.20%

PROMEDIO
63.36%

Tabla 21: Resultado de Asfalto Residuo por Evaporación

Interpretación: Como se puede observar en la presenta tabla n°21, el peso inicial y final del tarro n°01 es de 50.02 y 31.82 gramos, respectivamente, teniendo un 63.61% de residuo asfáltico; para el tarro n°02 el peso inicial y final es de 50.10 y 31.70 gramos, respectivamente, teniendo un 63.27% de residuo asfáltico; y para el tarrito n°03 el peso inicial y final es de 50.08 y 31.65, respectivamente, teniendo un 63.20% de residuo asfáltico.

Registro de ensayo:



Fotografía N°07. Muestras en el horno a 163°C durante 3 horas.



Fotografía N°08. Peso del residuo asfáltico.

3.2.2 Viscosidad Saybolt Furol

Se debe determinar la consistencia de los materiales asfálticos mediante sus características mecánicas, por medio del viscosímetro Saybolt Furol.

Procedimiento:

- ✚ Llena 200 ml de emulsión asfáltica en el vaso de vidrio graduado.
- ✚ En un recipiente, se pone a hervir el agua, de tal manera que se va tomando la temperatura para la colocación de la emulsión en baño maría, la cual debe llegar a los 25°C.
- ✚ Cuando se llega a la temperatura requerida, se procede a echar la emulsión asfáltica dentro del agujero superior del equipo.
- ✚ Se destapa el fondo del equipo y se deja caer el insumo colocado, asimismo, mediante un cronometro se va calculando el tiempo de su llenado.
- ✚ Mediante observación y control de tiempo, se procede a calcular el presente ensayo.

Resultados:

El resultado que se presentó fue de 22 ssf (Segundos Saybolt Furol), lo cual es favorable debido a que cumple con las exigencias de la norma.

Registro de ensayo:



Fotografía N°09. Flujo de la emulsión a través del viscosímetro.

3.2.3 Tamiz #20

Determina la uniformidad de la emulsión, con la malla #20 retiene el asfalto mal emulsionado, debido a la rotura de la emulsión, contaminación o mala fabricación.

Procedimiento:

- ✚ Se llena 1000 ml de emulsión asfáltica en el vaso de vidrio.
- ✚ El tamiz y el platillo se colocan al horno a una temperatura de 105°C.
- ✚ Se toma el peso del tamiz y el planillo (una vez secos).
- ✚ Después, procedemos a pasar la emulsión por el tamiz y luego se colocan al horno a 105°C durante dos horas.
- ✚ Finalmente, se retiran del horno y se pesan (obteniendo peso final).

Resultado:

Material Retenido= (Peso final - Peso Inicial) / Peso Inicial * 100			
W final	116.50		
W inicial	116.49	Retenido % =	0.009

Tabla 22: Resultado de Tamiz #20.

Registro de ensayo:



Fotografía N°10. Producto asfáltico mal emulsionado

3.2.4 Estabilidad de almacenamiento (24 h) y asentamiento (5 días)

Determinar la sedimentación de las emulsiones asfálticas que se produce durante el almacenamiento por las 24 horas y a los 5 días, según los parámetros establecidos en las normas.

Procedimiento:

- ✚ Se identifica las 02 probetas de 500 ml, las cuales servirán para el almacenamiento de la emulsión asfáltica a las 24 horas y a los 5 días.
- ✚ Para las 24 horas: Terminado el tiempo establecido, se retiran 50 ml primeros y se procede a realizar el ensayo de residuo asfáltico.
- ✚ Se agita para evitar la sedimentación en el insumo a ensayar.
- ✚ Después, se realiza el ensayo de residuo asfáltico a los últimos 50 ml.
- ✚ Para los 5 días: Terminado el tiempo establecido, se retiran 50 ml primeros y se procede a realizar el ensayo de residuo asfáltico, recordando que se tiene que agitar para evitar la sedimentación.
- ✚ Por último, se realiza el ensayo de residuo asfáltico a los últimos 50 ml.

Resultado:

DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO (24h)	
	Peso Inicial (W0)	Peso Final (Wf)
50 ml superficiales	42.60	26.85
Residuo Asf. (%) 01	63.03%	
50 ml fondo	50.40%	31.52%
Residuo Asf. (%) 02	62.54%	

RA01 - RA02
0.49%

Tabla 23: Resultado de Estabilidad

Interpretación: En la tabla n°23 se muestra los resultados del ensayo de estabilidad de emulsión asfáltica para 24 horas, de lo cual se tiene en los 50 ml superficiales y de fondo, 63.03% y 62.54%, respectivamente. La sustracción de ambos, nos da 0.49% lo que indica que cumple con la exigencia de la norma ISSA A143 con un máximo de 1%.

DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO (5d)	
	Peso Inicial (W0)	Peso Final (Wf)
50 ml superficiales	50.50	31.90
Residuo Asf. (%) 03	63.17%	
50 ml fondo	51.53%	31.10%
Residuo Asf. (%) 04	60.36%	

RA03 - RA04
2.81%

Tabla 24: Resultado de Almacenamiento

Interpretación: En la tabla n°24 se muestra los resultados del ensayo de almacenamiento de emulsión asfáltica para 5 días, de lo cual se tiene en los 50 ml superficiales y de fondo, 63.17% y 60.36%, respectivamente. La sustracción de ambos, nos da 2.81% lo que indica que cumple con la exigencia de la norma ISSA A143 con un máximo de 5%.

Registro de ensayo:



Fotografía N°11. Almacenamiento de muestra 24 horas.



Fotografía N°12. Peso Inicial de residuo asfáltico 50 ml.

Ensayos para el residuo asfáltico:

3.2.5 Punto de ablandamiento, C°

Determinará la temperatura en la que el residuo asfáltico pasa de semi - sólido a líquido, de tal manera, que cumpla con las exigencias de la norma ASTM D36.

Procedimiento:

- ✚ Se coloca el cemento asfáltico en dos anillos y se deja 1 hora en reposo a temperatura ambiente (Puede ser 1h, 3h o 5h, dependiendo de la consistencia del asfalto).
- ✚ Una vez en reposo, se podrá observar la exudación de agua que tiene dicho insumo.
- ✚ Cumplida el tiempo, se procede a enrazar la muestra.
- ✚ Se colocan las esferas sobre los anillos con residuo asfáltico.
- ✚ Después, se procede a colocar en baño maría a 5° C.
- ✚ El tiempo depende a la temperatura en la que se asiente el residuo asfáltico.
- ✚ Finalmente, se da lectura en dicho termómetro estandarizado.

Resultado:

Punto de Ablandamiento ISSA A143	
Exigencia	Resultado
Mín. 55 C°	59 C°

Tabla 25: Resultado de Punto de Ablandamiento

Interpretación: Como se puede apreciar en la tabla n°25 del ensayo para Punto de Ablandamiento, después de haber transcurrido un determinado tiempo, el termómetro estandarizado dio lectura de 59°C. Esto quiere decir, que es en la temperatura 59°C, donde el asfalto pasa de semisólido a líquido.

Registro de ensayo:



Fotografía N°13. Colocación de residuo asfáltico en anillos.



Fotografía N°14. Asfalto en reposo.



Fotografía N°15. Ablandamiento del bitumen.



Fotografía N°16. Bitumen ablandado.

3.2.6 Penetración en el residuo a 25°C, 100g, 5 segundos.

Determina la consistencia de los materiales asfálticos, donde el único componente es el asfalto.

Procedimiento:

- ✚ Pesar 100 gramos de emulsión y someter al ensayo de residuo asfáltico (por evaporación).
- ✚ Una vez cumplido el procedimiento del ensayo de residuo asfáltico por evaporación, la muestra se deja enfriar a temperatura ambiente.
- ✚ Después de haber secado, se sumerge en baño maría a una temperatura de 25°C.
- ✚ Seguidamente, se cuenta 5 segundos y mediante el agua se da lectura en unidades de medida 1/10 mm.

Resultado:

Penetración en el residuo ISSA A143	
Exigencia	Resultado
40 - 90	62

Tabla 26: Resultado de Penetración en el residuo

Interpretación: Como se puede apreciar en la tabla n°26 del presente ensayo, la penetración del residuo asfáltico es de 62 dmm, indicando que tiene una dureza aceptable, la cual cumple con las exigencias de la norma ISSA A143.

Registro de ensayo:



Fotografía n°17. Muestra con residuo asfáltico



Fotografía n°18. Control de 5 segundos para ensayo de penetración.



Fotografía n°19. Lectura de penómetro.

3.2.7 Ductilidad a 5°

Determina la capacidad del residuo asfáltico para retornar a su estado inicial, después de ser sometido a una elongación determinada.

Procedimiento:

- ✚ Después de que se le haya hecho el procedimiento de residuo asfáltico a la emulsión, se procede a llenar el molde para el ensayo correspondiente.
- ✚ Se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente durante 30 minutos.
- ✚ Una vez que se haya enfriado la muestra, se coloca en baño maría.
- ✚ Se retira la muestra y se enraza, devolviendo nuevamente al baño maría.
- ✚ Seguidamente, se coloca en el Ductilímetro a una temperatura de 5°.
- ✚ Observamos hasta que falle la muestra y tomamos datos.

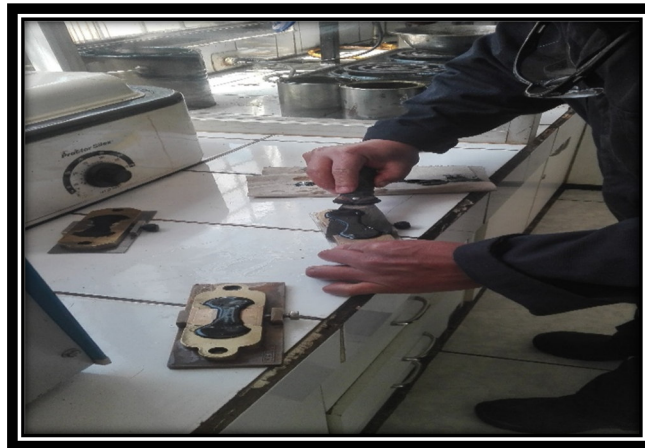
Resultado:

Ductilidad a 5° ASTM D113-11	
Exigencia	Resultado
Mín. 40 cm	43

Tabla 27: Resultado de Ductilidad a 5°C

Interpretación: Como se puede apreciar en la tabla n°27 del presente ensayo, la ductilidad del residuo asfáltico es de 43 cm, indicando que cumple las exigencias de la normativa.

Registro de ensayo:



Fotografía n°20. Enraza de muestra para ensayo de ductilidad.



Fotografía n°21. Baño maría a 5°C para ensayo de ductilidad.



Fotografía n°22. Elongación de residuo asfáltico.

3.2.8 Recuperación elástica torsional

Determina el grado de elasticidad que presenta los asfaltos modificados con polímeros.

Procedimiento:

- ✚ Seleccionar una tara con contenido de asfalto (producto del ensayo residuo asfáltico), para proceder con el presente ensayo.
- ✚ Después, colocar la muestra en la estufa durante 30 minutos, cumplido ello, sacarlo y dejar a temperatura de ambiente durante 1 hora.
- ✚ Seguidamente se coloca en baño maría a 25°C durante 1 hora y media.
- ✚ Del paso anterior, se retira y se procede a realizar el ensayo de recuperación elástica torsional, donde la aguja tiene que estar a una lectura de 180°, después se gira de tal manera que la aguja llegue a 0°.

Resultado:

Recuperación elástica Torsional
Ret= Ang/180*100
Ret= (25.2/180) * 100
Ret= 14%

Tabla 28: Resultado de recuperación elástica torsional

Interpretación: Como se puede apreciar en la tabla n°28 del presente ensayo, la recuperación elástica torsional para asfalto modificado con polímero es de 14%, cumpliendo con las exigencias que contiene la norma (Mín. 12%).

Registro de ensayo:



Fotografía n°23. Aparato de torsión.



Fotografía n°23. Muestra sometida a torsión.



Fotografía n°24. Aguja llevada a 180° para torsión.

3.3 Para cumplir con el tercer objetivo específico que es “Determinar la cantidad óptima de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento”, se tuvo que realizar ensayos en el laboratorio bajo las exigencias o parámetros que nos indica la norma ISSA A143, teniendo como resultados lo siguiente:

3.3.1 Porcentaje Teórico de Emulsión (ISSA TB-118)

Determinar el Porcentaje teórico de emulsión mediante el método del área de superficie.

Procedimientos:

✚ Se aplica el método mencionado, para el cálculo de Porcentaje teórico de emulsión.

Resultado:

Porcentaje Teórico De Emulsión	
Espesor de la Película de asfalto en el Agregado (t)	5.7 micrones
Gravedad específica del asfalto (ASG)	1.005 gr/cm ³
Porcentaje de asfalto residual de la emulsión (AR)	62.00 %
Absorción de Kerosene en el agregado (KA)	4.95 %
Coefficiente de conversión de unidades	0.02047
$\%L = (S.T.A. * t * (0.02047) * (ASG)) + KA$	8.97%
Porcentaje de Emulsión = $(\%L * 100) / \%AR = 14.47\%$ de emulsión	

Tabla 29: Resultado del Porcentaje teórico de emulsión.

Interpretación: Como se puede apreciar en la tabla n°29 del presente ensayo, nos da un 14.47% de emulsión, siendo este porcentaje parte de la mezcla.

3.3.2 Ensayo de Consistencia Cono de Kansas (ISSA TB-106)

Determinar el óptimo contenido de agua necesaria para lograr la estabilidad y trabajabilidad en la mezcla, obteniendo un prediseño el cual se podría modificar con los ensayos de Abrasión en Húmedo y Rueda Cargada.

Procedimientos:

✚ Se realiza un prediseño, indicando las dosificaciones de cada material a usar para la mezcla.

✚ El peso de los materiales será de 400 gramos, después, cada recurso asumirá un porcentaje del total mencionado.

- ✚ En un envase, se mezcla el material mineral y filler, seguidamente se adiciona agua y finalmente la emulsión asfáltica.
- ✚ Se empieza a batir dicha mezcla, de tal manera que mediante la observación se va descartando el prediseño, hasta llegar a lo óptimo.
- ✚ Finalmente, se coloca la mezcla con las dosificaciones adecuadas sobre el cono de Kansas, teniendo como base la plantilla graduada. Se toma nota del slump que presenta dicha mezcla para el cálculo correspondiente.

Resultado:

PREDISEÑO 01			
FÓRMULA DE TRABAJO		CONSISTENCIA (cm)	
Datos	Porcentaje		
Agregado	100.00%	Superior	0.5
Cemento	1.00%	Inferior	0.5
Agua	10.00%	Derecha	0.5
Aditivo	0.00%	Izquierda	0.5
Emulsión	13.20%	Promedio:	0.5

Tabla 30: Resultado de Prediseños 01

PREDISEÑO 02			
FÓRMULA DE TRABAJO		CONSISTENCIA (cm)	
Datos	Porcentaje		
Agregado	100.00%	Superior	2.0
Cemento	1.00%	Inferior	3.0
Agua	11.00%	Derecha	0.8
Aditivo	0.00%	Izquierda	3.8
Emulsión	13.20%	Promedio:	2.4

Tabla 31: Resultado de Prediseños 02

PREDISEÑO 03			
FÓRMULA DE TRABAJO		CONSISTENCIA (cm)	
Datos	Porcentaje		
Agregado	100.00%	Superior	2.8
Cemento	1.00%	Inferior	5.0
Agua	12.00%	Derecha	4.0
Aditivo	0.00%	Izquierda	3.9
Emulsión	13.20%	Promedio:	3.9

Tabla 32: Resultado de Prediseños 03

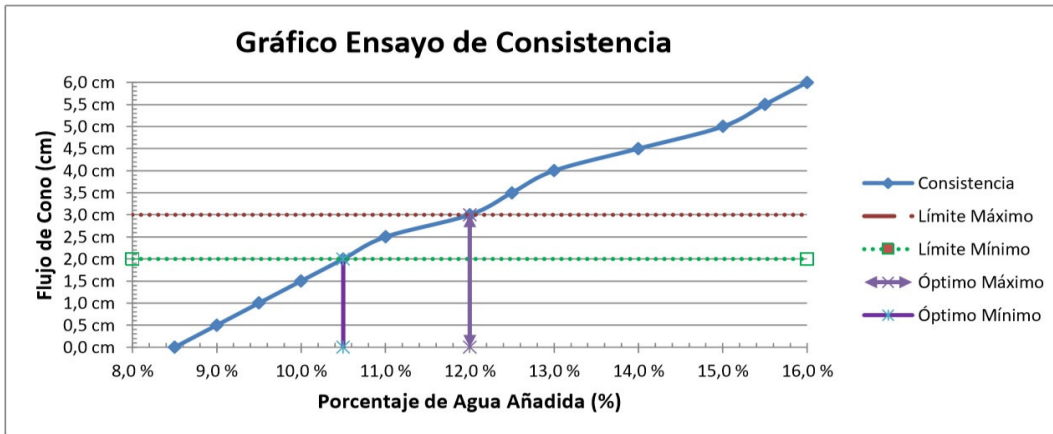


Figura n°08: Gráfico Ensayo de Consistencia

Interpretación: En la figura n°08 de nombre, Gráfico Ensayo de Consistencia, se tiene que con un 10% de agua se logra un flujo de 2 cm; con 11% de agua, se logra un flujo 2.4 cm y con 12 % de agua, se logra un flujo de 3.9 cm.

Registro de ensayo:



Fotografía n°25. Mezcla para Cono de Kansas



Fotografía n°26. Nivelación de Cono de Kansas.

3.3.3 Ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA-TB 113)

Determina la rotura de la mezcla asfáltica, asimismo, complementa el ensayo de consistencia con Cono de Kansas.

Procedimiento:

- ✚ Se realiza una serie de procedimientos en base a dosificaciones para la mezcla asfáltica, el material mineral es al 100 %, ósea 400 gr de selección. Seguidamente, se procede a mezclar, de tal manera que se observe homogenizado.
- ✚ No existe cálculo, se determina mediante observación y experiencia del técnico que realiza el ensayo de Tiempo de Mezcla.

Resultado:

Agregado (%)	Filler (%)	Aditivo (%)	Agua (%)	Emulsión (%)	Tiempo de Mezcla	OBSERVACIONES
100%	0.0%	0.0%	9.0%	13.20%	0 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No cumple >120 seg)
100%	0.0%	0.0%	10.0%	13.20%	0 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No cumple >120 seg)
100%	0.0%	0.0%	11.0%	13.20%	174 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (Cumple >120 seg)
100%	0.5%	0.0%	11.0%	13.20%	201 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No cumple >120 seg)
100%	1.0%	0.0%	11.0%	13.20%	213 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No cumple >120 seg)
100%	1.0%	0.0%	12.0%	13.20%	304 segundos	La mezcla es manejable, pero presenta una consistencia fluida (Cumple >120 seg)
100%	0.5%	0.0%	12.0%	13.20%	337 segundos	La mezcla es manejable, pero presenta una consistencia muy fluida (Cumple >120 seg)

Tabla 33: Resultado de Tiempo de Mezcla

Interpretación: Como se puede apreciar en la Tabla n°33 del presente ensayo, vemos que con la siguiente dosificación de agregado 100%, filler 1%, agua 11%, emulsión 13.20 % y tiene de mezcla 213 segundos; llegamos a la conclusión de que la mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, que para ello no cumple ya que es mayor a 120 seg.

Registro de ensayo:



Fotografía n°27. Dosificación de mezcla asfáltica.



Fotografía n°28. Tiempo de mezcla correcto.

3.3.4 Ensayo de Cohesión (30 min y 60 min) - ISSA TB 139.

Nos muestra la evolución de la consistencia de la mezcla en función al tiempo de curado, también el grado de cohesión entre el agregado y la emulsión. Dicho ensayo, nos brinda los tiempos de apertura al tráfico dependiendo las condiciones del clima en la superficie de aplicación.

Procedimiento:

- ✚ De la misma dosificación tomada, del ensayo anterior, se toma nuevamente para proceder con el presente.
- ✚ Se mezcla, hasta que este homogenizado y se coloca en los moldes pequeños.
- ✚ Se deja secar a temperatura ambiente.
- ✚ Después, llevar al equipo y aplicar fuerza de 2 Br durante 7 segundos.
- ✚ Con el torquímetro de 90-125° se hace un giro, de tal manera que dará lectura en kg/cm.
- ✚ Se toma los datos cada 30 min hasta llegar a la resistencia exigida por la norma (20 kg/cm).

Resultado:

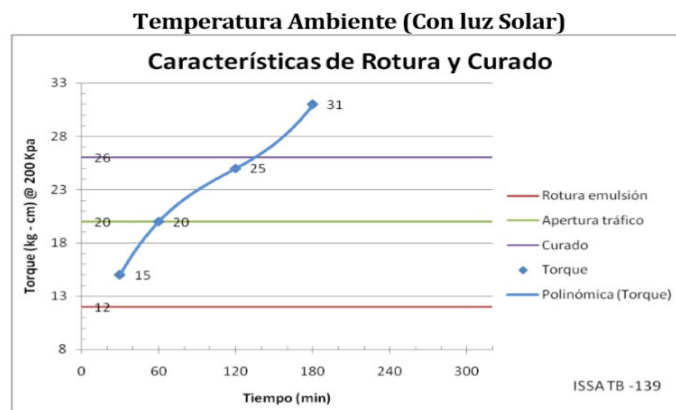


Figura n°09: Gráfica de resultado para ensayo de cohesión 01.

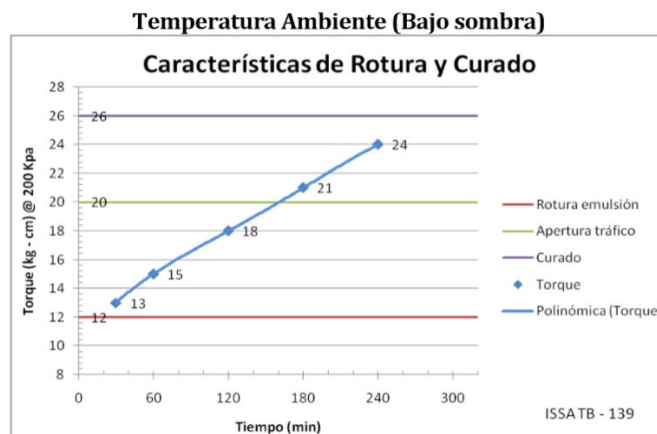


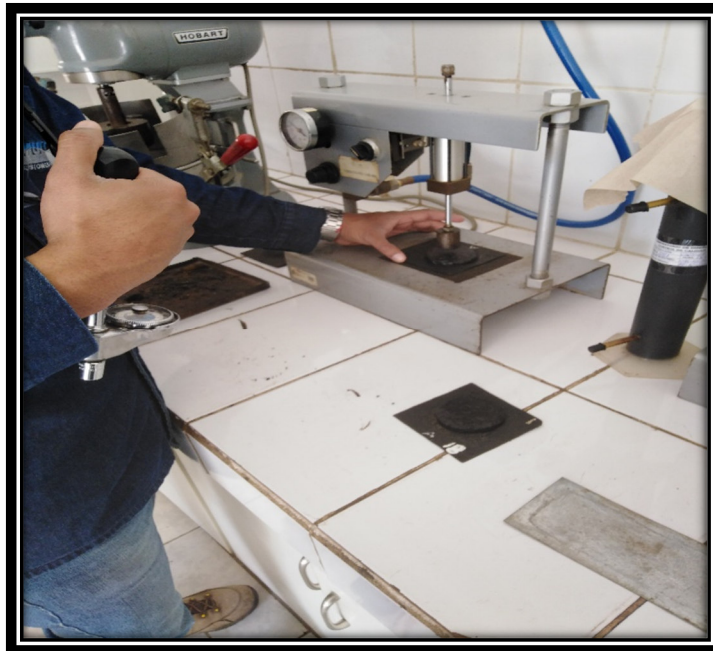
Figura n°10. Gráfica de resultado para ensayo de cohesión 02.

Interpretación: Como se puede apreciar en las figuras n°09 y 10, el tiempo de rotura de la mezcla es de 13 minutos y se obtiene cohesión necesaria para la apertura del tráfico en cada una de las mezclas a partir de los 90 minutos de fabricada.

Registro de ensayo:



Fotografía n°29. Colocación de mezcla en moldes pequeños.



Fotografía n°30. Aplicación de torquímetro.

3.3.5 Ensayo de Abrasión en Húmedo WTA (ISSA TB-100)

Determina el contenido óptimo de emulsión en la mezcla asfáltica, simulando condiciones de abrasión en pavimentos mojados, ya sea un vehículo circulando en una curva y frenando.

Procedimiento:

- ✚ De la misma dosificación tomada del ensayo anterior, se toma nuevamente para proceder con el presente ensayo.
- ✚ Se coloca en pastilla y se pesa (peso inicial).
- ✚ Luego, se coloca en agua durante 1 hora.
- ✚ Transcurrido el tiempo, se somete la muestra al ensayo de abrasión en húmedo.
- ✚ Después del ensayo, se toma peso y se coloca en horno durante 1 hora a 100°C.
- ✚ Transcurrido el tiempo, se retira y se deja enfriar, una vez frío se pesa (peso final).

Resultado:

ENSAYO DE ABRASIÓN EN HÚMEDO (ISSA TB-100)						
ENSAYO DE PERDIDA POR ABRASIÓN EN HÚMEDO (1 HORA)						
% Asfalto	% Emulsión	P. Inicial	P. Final	Δ Abrasión	factor	Perdida Abrasión
6,60 %	11,00 %	927,67	917,02	10,65 gr	32,9	350,38 gr/m ²
7,80 %	13,00 %	936,84	928,73	8,11 gr	32,9	266,82 gr/m ²
9,00 %	15,00 %	989,44	985,25	4,19 gr	32,9	137,85 gr/m ²
ENSAYO DE PERDIDA POR ABRASION EN HUMEDO (6 DIAS)						
% Asfalto	% Emulsion	P. Inicial	P. Final	Δ Abrasión	factor	Perdida Abrasión
6,60 %	11,00 %	972,61	956,17	16,44 gr	32,9	540,88 gr/m ²
7,80 %	13,00 %	894,22	884,91	9,31 gr	32,9	306,30 gr/m ²
9,00 %	15,00 %	967,35	964,06	3,29 gr	32,9	108,24 gr/m ²
Límites Especificados ISSA A-143 e ISSA A-105						
Abrasión en Húmedo 1 hora = 538 gr/m ² Máximo						
Abrasión en Húmedo 6 días = 807 gr/m ² Máximo						

Interpretación: Como se puede apreciar en la presente tabla n°34 – Abrasión en Húmedo, se tiene que, para 1 hora, los resultados están dentro de las exigencias de la norma ISSA, ya que esta nos dice que máximo debe ser 538 gr/m² y para el ensayo de Abrasión en Húmedo en 6 días, nos indica que las exigencias que solicita la norma ISSA es de 807 gr/m².

Registro de ensayo:



Fotografía n°31. Peso inicial de pastilla para ensayo de cohesión.



Fotografía n°32. Abrasión de espécimen.

3.3.6 Ensayo de Adherencia por Rueda Cargada LWT (ISSA TB-109)

Determina el contenido máximo de asfalto en mezclas para micropavimentos por medición de adhesión de arena en muestras sujetas a simulación de cargas pesadas sobre una rueda.

Procedimiento:

- ✚ De la misma dosificación tomada del ensayo anterior, se toma nuevamente para proceder con el presente ensayo.
- ✚ Se coloca en un molde rectangular y se lleva al horno entre 14 y 16 horas a una temperatura de 60°C.
- ✚ Se saca del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- ✚ Una vez enfriado, se pesa y se lleva a la máquina de ensayo para la prueba de rueda cargada.
- ✚ Ya en la máquina se le aplica una carga de 56 kg, repitiendo el ruedo en 1000 ciclos.
- ✚ Se pone a calentar la arena de Ottawa en el horno a 82°C durante 30 minutos.
- ✚ Ahora, se coloca la arena y sobre ella una platina, para los 1000 ciclos más de ensayo.
- ✚ Finalmente, se pesa la muestra afectada por los 1000 ciclos de ruedo sobre la arena de Ottawa.

Resultado:

% Asfalto	% Emulsión	P. Inicial	P. Final	△ Rueda C.	Area Molde	Adhesión arena
6.6	11	827.83	830.29	2.46	0.012425 m ²	197.99 gr/m ²
7.8	13	870.76	874.07	3.31	0.012425 m ²	266.4 gr/m ³
9	15	873.36	879.87	6.51	0.012425 m ²	523.94 gr/m ⁴

Tabla 34: Resultado de Adherencia por Rueda Cargada LWT

Interpretación: Como se puede observar en la presente Tabla n°35 del ensayo rueda de carga, los datos de adhesión arena no exceden a las exigencias que la norma ISSA A-105 nos dice: 538 gr/m² Máximo, cumpliendo estrictamente con dicho parámetro.

Registro de ensayo:



Fotografía n°33. Especimen después de 1000 ciclos del ensayo rueda cargada.



Fotografía n°34. Rueda cargada sobre Arena de Ottawa, 1000 ciclos.

Diseño de Micropavimento:

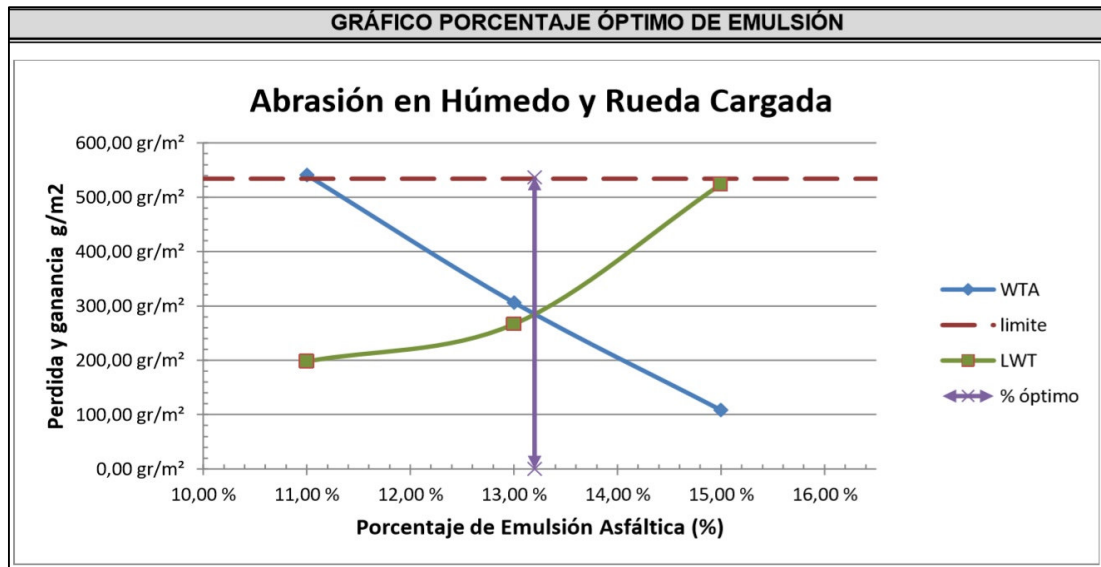


Figura n°11: Gráfico de porcentaje óptimo de emulsión

Fórmula de trabajo para Micropavimento	Mix n° . 1
Agregado Cantera Hualapampa (arena chancada)	100.0%
Cemento Portland	1.0%
Cal	0.0%
Sol. Al ₂ (SO ₄) ₃	0.0%
Solución Jabonosa	0.0%
Agua	11.0%
CQS-1hP (62% Asfalto residual + 3% de polímero)	13.2%
Resultados de pruebas de desempeño (*)	
Tiempo de mezcla @20°C (seg)	180 seg
Cohesión 30 min (kg-cm)	15
Cohesión 60 min (kg-cm)	20
Cohesión 120 min (kg-cm)	25
Cohesión 180 min (kg-cm)	31
Abrasión en húmedo (Saturación - 1 hora) g/m ²	211
Abrasión en húmedo (Saturación - 6 días) g/m ²	290
Rueda Cargada (Adherencia de arena) g/m ²	305

Tabla n°36: Diseño de Micropavimento

3.4 Para cumplir con el cuarto objetivo específico que es “Determinar el costo por metro cuadrado de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) y el del pavimento flexible”, se tuvo que realizar un análisis de precio unitario por metro cuadrado, añadiendo los recursos necesarios para la aplicación del material bitumen, el rendimiento es por día (8 horas) en ambas partidas. El Micropavimento tiene un rendimiento de 750 m2/día y el Pavimento Flexible tiene un rendimiento de 1500 m2/día; cabe señalar que depende mucho este parámetro debido a que se encuentra vincula con el costo por unidad.

Procedimiento:

- ✚ Se identifican los recursos necesarios para cada partida a determinar.
- ✚ En la mezcla asfáltica en caliente, se asume los recursos de Mano de Obra, Materiales y Equipo. Considerando que, para Mano de Obra y Equipo las horas a laborar son 8 horas (lo que representa en construcción a 01 día). En equipo se debe considerar al Rodillo Neumático, Rodillo Tándem y Pavimentadora.
- ✚ En el micropavimento, se asume los recursos de Mano de Obra, Materiales y Equipo. Considerando que, para Mano de Obra y Equipo, las horas a laborar son 8 (lo que representa en construcción civil a 01 día). En equipo se debe considerar al Tanque de Emulsión Estacionario, Compresora Neumática y Micropavimentadora.

Resultados:

Partida	1.00.00 PAVIMENTO FLEXIBLE e= 2"						
Rendimiento und/DIA	MO	1,500.00	Costo unitario por:			und	\$/26.57
Descripcion Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (s/)	Parcial (s/)	
Mano de obra							
CAPATAZ "A"		hh	1.0000	0.0053	S/0.00	S/0.00	
OPERARIO		hh	1.0000	0.0053	S/0.00	S/0.00	
PEON		hh	6.0000	0.0320	S/0.00	S/0.00	
						S/0.00	
Materiales							
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE		kg		0.0625	S/380.00	S/23.75	
						S/23.75	
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	S/0.00	S/0.00	
RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9.26 ton		hm	1.0000	0.0053	S/161.92	S/0.86	
RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 111-130 HP 9-11 tn		hm	1.0000	0.0053	S/199.34	S/1.06	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 105 HP 10-16'		hm	1.0000	0.0053	S/170.00	S/0.90	
						S/2.82	

Partida		2.00.00 MICROPAVIMENTO E= 10mm					
Rendimiento	m2/DIA	MO	750.00	Costo unitario por:		m2	S/13.25
	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (s/)	Parcial (s/)
	Mano de obra						
	CAPATAZ "A"		hh	1.0000	0.0107	S/25.08	S/0.27
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0107	S/22.80	S/0.24
	PEON		hh	8.0000	0.0853	S/17.50	S/1.49
							S/2.00
	Materiales						
	AGREGADO FINO		m3		0.0130	S/45.00	S/0.59
	EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA CQS-1hP		l		2.4500	S/2.15	S/5.27
	AGUA POTABLE		m3		0.0022	S/12.20	S/0.03
	CEMENTO PORTLAND TIPO 1		bls		0.0060	S/19.50	S/0.12
							S/6.01
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	S/2.00	S/0.06
	MICROPAVIMENTADORA		hm	1.0000	0.0107	S/250.00	S/2.68
	TANQUE DE EMULSIÓN - ESTACIONARIO		hm	1.0000	0.0107	S/156.00	S/1.67
	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250-330 PCM		hm	1.0000	0.0107	S/77.40	S/0.83
							S/5.24

Figura n° 12: Análisis de precios unitarios MAC VS MAF

Interpretación: Como se puede apreciar en la Figura n°12, se realizó un análisis de precio unitario por metro cuadrado de cada mezcla asfáltica, ya sea en caliente y en frío, con el fin de comparar el costo de ambas y así, validar la hipótesis específica n°04 del presente proyecto de investigación. El costo por metro cuadrado del Pavimento Flexible (Mezcla asfáltica en caliente) es de S/ 26.57 y el costo por metro cuadrado del Micropavimento (Mezcla asfáltica en Frío) es de S/ 13.25; habiendo una diferencia de S/13.32 a favor del Micropavimento. Su costo del Micropavimento es el 50% menos de lo que cuesta una Mezcla asfáltica en caliente.

IV. DISCUSIÓN

Según los datos obtenidos en la hipótesis general, detallado en la Tabla n°36, se tiene que: El Diseño del Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) mejora el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018, mediante el cumplimiento de los parámetros brindados por las normativas para cada insumo ensayado; teniendo un diseño de mezcla de, 100% de agregado mineral, 1.0% cemento portland, 11.0 % de agua y 13.2% de emulsión asfáltica modificada con polímero, siendo válida la hipótesis del investigador. Por su parte, el autor (Aranda Guerrero, 2010), en su tesis “Diseño y Control de calidad de Microrevestimiento del tramo 02 del eje multimodal Amazonas”, tuvo como objetivo diseñar el micropavimento para condiciones climáticas en la Selva, detallando su correcta aplicación bajo los estándares de calidad, donde materiales a ensayar cumplieron con los parámetros de las normativas ISSA A143, AASHTO, ASTM, MS19 y MTC 200. El diseño final del micropavimento es 95.5% de agregado, 0.5% de cemento portland, 12.5% de emulsión y 13% de agua; corroborando que el diseño del Micropavimento mejora accesos viales sin necesidad de optar por la colocación de mezclas asfálticas en caliente, donde el costo se despilfarraría.

Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica 1, detallado en la Figura n°07, se tiene que: Las características y el comportamiento de los agregados minerales cumplen las pruebas de desempeño para el Diseño de Micropavimento, estando bajo parámetros y/o exigencias de las normas ISSA A143 y ASTM, se da como resultado que el material mineral es de Tipo II; de tal manera, se valida la hipótesis del investigador. Por otra parte, el autor (RUJE ATOCHE, y otros, 2015), en su tesis “Importancia de la determinación de un Micropavimento en frío como capa de rodadura de alta performance para el proyecto Conococha – Recuay”, logró cumplir con los parámetros para la caracterización del agregado mineral, siendo este de Tipo III; corroborando que los tipos adecuados de los agregados minerales para el diseño de micropavimento son de Tipo II y III, según la normativa ISSA A-143.

Según los datos obtenidos en la hipótesis específica 2, detallado en la Tabla n°33, se tiene que: Los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) cumple las exigencias de la norma ISSA A143 para el Diseño de Micropavimento, obteniendo un 62.2% de Residuo por Evaporación, 22 SSF de Viscosidad Saybolt Furol (25°C), 0.03% de Tamiz # 20, 0.49% de Estabilidad (24 horas), 2.81% de Estabilidad al Asentamiento (5 días) y asimismo, de los ensayos realizados para el residuo asfáltico con un 62 mm de Penetración 25°C, 59°C de Punto de Ablandamiento, 14% de Recuperación elástica torsional, 32% de Recuperación elástica por Ductilímetro y 43% de Ductilidad a 25°C; estando aprobados debido al cumplimiento de las exigencias de la norma ISSA A143, por lo tanto, se valida la hipótesis del investigador. El autor (CORONEL FONSECA, 2017), en su tesis “Micropavimento Alternativa técnico-económica para la pavimentación del asentamiento Humano Lomas”. Logró cumplir las exigencias dadas por la norma ISSA A143, de la emulsión asfáltica CQS-1hP, corroborando que se requiere cumplir estrictamente dichos ensayos para el Diseño final del Micropavimento.

Según los datos obtenidos en la hipótesis específica 4, detallado en la figura n° 12, se tiene que: Se optimiza costos y es de gran beneficio el uso de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hp) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018; el precio unitario de la mezcla asfáltica en caliente es de S/27.40 el metro cuadrado, y el precio unitario del Micropavimento es de S/13.25 el metro cuadrado; mostrando que hay una reducción en costos de S/14.25 por metro cuadrado; por lo tanto se valida la hipótesis del investigador. El autor (OCHOA ROJAS, 2017), en su tesis “Aplicación del micropavimento para mejorar los costos de la pavimentación de la cancha deportiva en el Asentamiento humano Los Huertos de Manchay, distrito de Pachacamac, 2017” tuvo como objetivo principal la evaluación de como la aplicación del micropavimento en la cancha deportiva reduce los costos, lo cual corrobora la hipótesis de la presente tesis, ya que dicho autor logró reducir al 12.39% del pavimento convencional.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinaron las características de los agregados minerales para el Diseño de Micropavimento, donde la gradación del material cumple para TIPO II, aunque el pasante del tamiz #200 está con 0.44%, ósea por debajo del límite mínimo permitido (Tolerancia $\pm 2\%$). Pero es importante indicar que este particular no afecta a la fabricación y tendido del mortero asfáltico, ya que, con la adición del 1% de cemento para la mezcla, se cumple con la faja granulométrica.
- ✓ Se determinó el porcentaje de agua añadido en la mezcla, para obtener un desplazamiento de 2.5 cm recomendado en el ensayo de Consistencia, oscila entre el 10.5% y 12.0%.
- ✓ Luego de realizar el ensayo de Desprendimiento por Humedad, se determinó que el recubrimiento ligante-agregado es aceptable, es decir se encuentra entre el 75% y 90%. Asimismo, el Porcentaje Teórico de Emulsión de acuerdo con el área superficial del material y a la película de asfalto que rodea al agregado es: 14.47% de emulsión asfáltica.
- ✓ El Porcentaje Recomendado de emulsión se encuentra entre el 12.7% y 13.7% pero el Porcentaje Óptimo de emulsión es 13.2 %, este último dato se obtiene mediante los ensayos de Abrasión en Húmedo y Rueda Cargada.
- ✓ Se determinó la diferencia de costos entre una mezcla asfáltica en caliente (convencional) versus un Micropavimento, habiendo una diferencia de S/14.25 por metro cuadrado; es decir, el precio unitario por metro cuadrado de Material bituminoso más económico es el del Micropavimento.

Mezcla Asfáltica en caliente = S/27.40/m²

Micropavimento= S/13.25/m²

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Durante el proceso constructivo se deberán realizar por cada entrega de material, muestreos y ensayos de los materiales utilizados para ratificar que se cumplan los requerimientos de calidad dados por las normativas ISSA A143, ASTM y AASHTO.
- ✓ En caso de existir variaciones en las características del material, se deberá rediseñar la mezcla.
- ✓ Los agregados deberán estar protegidos de la humedad, agregados con exceso de humedad afectan el comportamiento de la mezcla.
- ✓ No se deben realizar trabajos en caso de humedad excesiva o posibilidad de lluvias. La humedad ambiental afecta notablemente las características de la mezcla, por lo que, se deberá llevar a campo un registro detallado de la variación de las condiciones ambientales que permitan mantener un historial en caso de requerirse alguna modificación al diseño.
- ✓ Los porcentajes que se indican para la mezcla están en función al peso seco del agregado; factor que se deberá tomar muy en cuenta en la ejecución de la obra. El exceso de agua en la mezcla originará definitivamente un tiempo de rotura y curado más alto.

REFERENCIAS

1. *Aggregate gradation theory, design and its impact on asphalt pavement performance.* **Park, Mingjing Fang & Daewook. 2018.** 1408-124, Estados Unidos : International Journal of Pavement Engineering, 2018, Vol. 20.
2. *American Association of State Highway and Transportation Officials.* **AASHTO. 1914.** Washintong, Estados Unidos : s.n., 1914.
3. *American Society for Testing and Materials .* **Dudley, Charles Benjamin. 1898.** Pensilvania, Estados Unidos : s.n., 1898.
4. *Aplicación de micropavimento en la carretera Interoceánica Sur.* **Ordóñez, Jhiermy Pérez. 2015.** Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
5. *Application of microsurfacing in repairing pavement surface rutting.* **Hafezzadeh, R. 2019.** Estados Unidos : Road Materials and Pavement Desing, 2019, Vol. 1.
6. **Aranda Guerrero, Carlos Omar. 2010.** *DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DE MICROREVESTIMIENTO DEL TRAMO 02 DEL EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE: RIOJA - TARAPOTO .* Lima, Perú, 2010.
7. *ASTM C117 y C136. Materials, American Society for Testing and.* **1898.** Pensilvania, Estados Unidos : s.n., 1898.
8. *Australian Journal of Civil Engineering.* **Australia, Engineers. 2015.** 41-56, Estados Unidos : Technical Paper, 2015, Vol. IV.
9. **Bernal, Cesar. 2010.** *Metodología de la investigación.* 2010.
10. **Berrió Alzate, Andrés. 2017.** *Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo.* Medellín, Colombia : s.n., 2017.
11. **CORONEL FONSECA, ORLANDO. 2017.** *"Micropavimento: Alternativa técnico-económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima, 2017"* . LIMA,PERU, 2017.
12. *Correlación entre la temperatura del pavimento y los factores de forma de la cuenca de desviación del pavimento de asfalto.* **Zheng, Yuanxun. 2017.** 874-883, SN : Revista General de Ingeniería de Pavimentos, 2017, Vol. 20.
13. **Coyago Vega, Geovana Mercedes. 2015.** *"Evaluación de un tratamiento superficial bituminoso con emulsión asfáltica como alternativa de mantenimiento en vías arteriales del Ecuador"*. Quito, Ecuador, 2015.
14. *Desarrollar una metodología para evaluar la efectividad de los tratamientos de pavimento aplicados a carreteras pavimentadas de bajo volumen.* **Hafez, Marwan. 2017.** 894-904, SN : Revista Internacional de Ingeniería de Pavimentos, 2017, Vol. 20.

15. *Efectos de las características del material sobre la capacidad de interacción de asfalto y relleno.* **Lin, Xuequian. 2017.** 928-937, SN : Revista Internacional de Ingeniería de Pavimentos, 2017, Vol. 20.
16. *Effects of adhesives on properties and mechanism of the ultra-thin pavement.* **Zhang, Ke Shi & Yufei. 2019.** Estados Unidos : Road Materials and Pavement Desing, 2019, Vol. 1.
17. **Engineering, IOP Conference Series: Materials Science and. 2019.** *Performance evaluation of asphalt micro surfacing .* Pensilvania, Estados Unidos : IOP Publishing, 2019.
18. **Erkens, Sandra. 2016.** *Funtional Pavement Desing.* The Netherlands : CRC Press/ Balkema, 2016.
19. **GRANSBERG, Douglas D. 2015.** *NCHRP SYNTHESIS 411 - Microsurfacing.* Washington D.C : National Cooperative Highway Research Program, 2015.
20. **Hernández Sampieri, Roberto Hernández. 2014.** Metodología de la investigación 4ta edición. México : MCGRAW-HILL, 2014.
21. **INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION A143, ISSA. 2010.** *Norma de rendimiento recomendada para micro pavimentación A143.* 2010.
22. *Investigación y modelado del rendimiento del pavimento de asfalto en regiones frías.* **Zeida, Waleed. 2017.** 986-997, SN : Revista Internacional de Ingeniería de Pavimentos, 2017, Vol. 20.
23. **ISSA A143. 2010.** Norma de rendimiento recomendada para micro pavimentación. [book auth.] INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION. 2010.
24. **MANUAL DE CARRETERAS, EG 2013. 2013.** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN. 2013.
25. **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, PERU. 2002.** MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. LIMA : s.n., 2002.
26. *Modeling and evaluation of the cracking resistance of asphalt mixtures using the semi-circular bending test at intermediate temperatures.* **Elseifi, Mostafa A. 2015.** 124-139, Estados Unidos : Road Materials and Pavement Desing, 2015, Vol. 13.
27. **MURCIA.COM. 2019.** El camino de La Alcanara, reparado y mejorado tras los daños por lluvias de 2016. *Ayuntamiento de Alhama de Murcia.* 2019.
28. **OCHOA ROJAS, OSCAR JAVIER. 2017.** *Aplicación del micropavimento para mejorar los costos de la pavimentación de la cancha deportiva en el Asentamiento humano Los Huertos de Manchay, distrito de Pachacamac, 2017 .* LIMA,PERU, 2017.
29. **PÁGINA SIETE. 2019.** Un micropavimento hecho en Bolivia reduce costos en 50%. *Un micropavimento hecho en Bolivia reduce costos en 50%.* 2019.
30. *Performance evaluation of microsurfacing mixture containing reclaimed asphalt pavement.* **Hesami, Mostafa Poursoltani & Saeid. 2018.** Estados Unidos : International Journal of Pavement Engineering, 2018.

31. *Preventive maintenance of road pavement with microsurfacing—an economic and sustainable strategy.* **Benta, Diogo Simoes & Ana Almeida Costa & Agostinho. 2017.** 670-680, Washintong : Original Articles, 2017, Vol. 11.
32. **Raza, Hassan. 2016.** *Design, construction, and performance of micro-surfacing.* Washinton, Estados Unidos : University of Michigan Library, 2016.
33. *Repeatability and reproducibility of micro-surfacing mixture design tests and effect of aggregates surface areas on test results.* **Perraton, A Carter & D. 2015.** 41-56, Pensilvania, Estados Unidos : Technical Paper , 2015, Vol. 11.
34. —. **Robati, M. 2015.** 41-56, Estados Unidos : Australian Journal of Civil Engineering, 2015, Vol. 11.
35. **RT, RT. 2018.** ACTUALIDAD RT. *ACTUALIDAD RT.* [Online] AGOSTO 2018. <https://actualidad.rt.com/actualidad/280111-fotos-hombre-atascado-asfalto-reino-unido>.
36. **RUJE ATOCHE, CARLOS ENRIQUE and SOLÓRZANO DURAND, KAROL JACKELINE. 2015.** *IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DE UN MICROPAVIMENTO EN FRÍO COMO CAPA DE RODADURA DE ALTA PERFORMANCE PARA EL PROYECTO CONOCOCHA – RECUAY.* Lima, Perú, 2015.
37. *Rutting performance of asphalt-rubber gap-graded mixtures: evaluation through statistical and reliability approaches.* **Venudhara, Veena. 2019.** Estados Unidos : Road Materials and Pavement Desing, 2019, Vol. 1.
38. **Santamaría Loza, Francisco Xavier and Guilcapi Chávez, Oswaldo Santiago. 2015.** *"Análisis comparativo de emulsiones asfálticas con polímeros tipo SBR en el Diseño de Micropavimentos empleando agregados de las canteras de Guayllabamba y San Antonio".* Quito, Ecuador, 2015.
39. *State of the art review on design and performance of microsurfacing.* **Sliddagangaiah, Nishant Bhargava & Anjan Kumar. 2019.** Estados Unidos : Road Materials and Pavement Desing, 2019, Vol. 1.
40. **TDM, GRUPO. 2016.** www.tdm.com.pe. [Online] 2016. <http://www.tdm.com.pe/products-asfaltos-emulsiones-asfalticas-convencionales.php>.
41. *The pavements cost due to traffic overloads.* **Pais, Jorge C. 2018.** 1463-1473, Estados Unidos : International Journal of Pavement Engineering, 2018, Vol. 20.
42. **Transportation, Virginia Department of. 2016.** *Road and Bridge Specifications.* Virginia, Estados Unidos : State Construction Engineer at 1401, 2016.
43. **Wulf Rodriguez, Fernando. 2008.** *Análisis de Pavimento Asfáltico Modificado con Polímero.* Valdivia, Chile, 2008.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
TEMA	PROBLEMAS	OBJETIVOS	METODOLOGÍA
<p>“Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS – 1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018”</p>	¿De qué manera el Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) mejora el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018?	Diseñar el Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018.	Nivel de Investigación: Descriptiva
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
	¿Cuáles son las características y el comportamiento de los agregados minerales para el Diseño de Micropavimento?	Determinar las características y desempeño de los agregados minerales para el Diseño de Micropavimento.	Tipo de Investigación: Experimental
	¿Se cumplirá los estándares de la normativa ISSA A143 para los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento?	Determinar los ensayos de la Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento.	Tipo de Investigación: Experimental
	¿Es óptima la cantidad de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento?	Determinar la cantidad óptima de Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Diseño de Micropavimento.	Tipo de Investigación: Experimental
¿Es costo-beneficio el Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018?	Determinar el Costo – Beneficio del Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS-1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018.	Enfoque de la Investigación: Cuantitativo	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2: CLASIFICADOR DE GASTOS

Código clasificador del MEF	Descripción	Costo Unitario S/	Cantidad	Costo Parcial S/
2.3.15	Materiales y Útiles			S/ 719.00
2.3.15.1	De Oficina			
2.3.15.12	Papelería en General, Útiles y Materiales de Oficina			S/ 719.00
	Archivador	S/ 10.00	2.00	S/ 20.00
	Corrector	S/ 3.50	3.00	S/ 10.50
	Cuaderno	S/ 12.50	1.00	S/ 12.50
	Lapiceros	S/ 2.00	3.00	S/ 6.00
	Anillados e impresión de tesis	S/ 190.00	3.00	S/ 570.00
	Hojas A4	S/ 0.20	500.00	S/ 100.00
2.3.19	Materiales y Útiles de Enseñanza			S/ 83.00
2.3.19.1	Materiales y Útiles de Enseñanza			
	Impresión de la norma ISSA A143	S/ 0.50	19.00	S/ 9.50
	Impresión de Micropavimento	S/ 0.50	24.00	S/ 12.00
	Impresión de la norma ASTM	S/ 0.50	123.00	S/ 61.50
2.3.21	Viajes			S/ 1,254.20
2.3.21.1	Viajes Internacionales			
2.3.21.11	Pasajes y Gastos de Transporte			S/ 530.00
	Piura - Huaquillas	S/ 95.00	2.00	S/ 190.00
	Huaquillas - Quito	S/ 95.20	2.00	S/ 190.40
	Quito - San Antonio de Pichincha	S/ 74.80	2.00	S/ 149.60
2.3.21.12	Viáticos y Asignaciones por comisión de servicio			S/ 724.20
	Alimentación	S/ 17.00	21.00	S/ 357.00
	Hospedaje	S/ 47.60	7.00	S/ 333.20
	Movilidad	S/ 34.00	1.00	S/ 34.00
2.3.22	Servicios básicos, comunicaciones, publicidad y difusión			S/ 550.00
	Servicio de Internet	S/ 110.00	5.00	S/ 550.00
TOTAL S/			S/	2,606.20

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 3: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N°	ACTIVIDADES	TIEMPO (SEMANAS)															
		Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Lineamientos y procedimientos. -Revisión del Proyecto de Investigación.	■															
2	Procesamiento de datos de la prueba piloto. Evidencias de Validez y fiabilidad.		■														
3	Recolección de datos			■													
4	Recolección de datos				■												
5	Recolección de datos					■											
6	Taller: Procesamiento, y tratamiento estadístico de sus datos.						■										
7	Jornada de Investigación 1 (14-19 de octubre del 2019)							■									
8	Descripción de resultados de acuerdo a las normas ISO-APA-Vancouver.								■								
9	Discusión de resultados y redacción de la tesis.									■							
10	Elabora las conclusiones, recomendaciones										■						
11	Presenta la tesis completa con las observaciones levantadas											■					
12	Revisión y observación de la tesis por los jurados asignados para presentación												■				
13	Presentación de la tesis para el evento Proyectos Exitosos (*)													■			
14	Sustentación														■		
15	Sustentación															■	

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 4: FORMATO DE INSTRUMENTO

- Granulometría: (ASTMC-136)**

GRANULOMETRIA NORMA ASTM C-136; ASTM C-117									
ARENA CHANCADA CANTERA HUALAPAMPA									
Tamiz No.	Abertura (mm)	Retenido parcial Muestra N°1	Retenido parcial Muestra N°2	R. Parcial Corregido Muestra N°1	R. Parcial Corregido Muestra N°2	Peso Parcial Promedio	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que pasa (%)
3/8"	9.50								
No. 4	4.75								
Pasa N° 4									
No. 8	2.360								
No. 16	1.180								
No. 30	0.600								
No. 50	0.300								
No. 100	0.150								
No. 200	0.075								
Pasante No 200									
Total									

- Ensayo de equivalente de arena: (ASTM D-2419)**

DESCRIPCION	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°4	PROMEDIO
Lectura Arcilla					
Lectura Arena					
Equivalente de Arena					

- Desprendimiento por Humedad (ISSA TB-114)**

FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	
Cemento	
Agua	
Aditivo	
Emulsión	

DESPRENDIMIENTO EN HÚMEDO	
Recubrimiento Menor al 75%	
Recubrimiento entre 75%-90%	
Recubrimiento Mayor al 90%	

Desprendimiento por Humedad (ISSA TB-114)

FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	
Cemento	
Agua	
Aditivo	
Emulsión	

DESPRENDIMIENTO EN HÚMEDO	
Recubrimiento Menor al 75%	
Recubrimiento entre 75%-90%	
Recubrimiento Mayor al 90%	

Adhesividad Riedel Weber (MTC E-220)

MOLARIDAD M/32		
MOLARIDAD M/16		
MOLARIDAD M/8		

Determinación de ensayos para emulsión y residuo asfáltico

Requisito	Unidad	Norma Técnica	Mínimo	Máximo	Resultado	Aprobado
Residuo por Evaporación	% V	NTE INEN 905	62	---		
Viscosidad Saybolt Furol (25°C)	SSF	NTE INEN 1981	20	100		
Ensayo del Tamiz #20	%	NTE INEN 906	---	0,1		
Estabilidad Almacenamiento (24h)	%	NTE INEN 909	---	1		
Estabilidad Asentamiento (5 días)	%	NTE INEN 910	---	5		
Carga de Partícula	---	NTE INEN 908				
ENSAYOS EN EL RESIDUO ASFÁLTICO						
Penetración 25°C, 100 g, 5 segund.	1/10 mm	NTE INEN 917	40	90		
Punto de Ablandamiento	°C	ASTM D-36	57	---		
Recuperación Elástica Torsional	%	MPP-4-05-024	12	---		
Rec. Elástica por Ductilómetro 25°C	%	MPP-4-05-026	30	---		
Ductilidad a 25°C, 5cm/minuto	cm	NTE INEN 916	40	---		
Solubilidad en Tricloroetileno	%	NTE INEN 915	97,5	---		

Determinación de la Compatibilidad (ISSA TB-115)

TIPO DE ENSAYO O PRUEBA	PASA
CONSISTENCIA DIVIDIDA	
COMPATIBILIDAD DE COPA DIVIDIDA	
DESPRENDIMIENTO EN HUMEDO	
MEZCLA Y TRABAJABILIDAD	



Análisis de Precios Unitarios S/

Partida	1.00.00 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE E= 2"						
Rendimiento	und/DIA	MO		Costo unitario por:		und	
	Descripcion Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (s/)	Parcial (s/)
	Mano de obra						
	CAPATAZ "A"		hh				
	OPERARIO		hh				
	PEON		hh				
	Materiales						
	AGREGADO FINO						
	EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA CQS-1hP						
	AGUA POTABLE						
	CEMENTO PORTLAND TIPO 1						
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo				
	MICROPAVIMENTADORA		hm				
	TANQUE DE EMULSIÓN - ESTACIONARIO		hm				
	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250-330 PCM		hm				

Partida	2.00.00 MICROPAVIMENTO E= 10mm						
Rendimiento	m2/DIA	MO	750.00	Costo unitario por:		m2	
	Descripcion Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (s/)	Parcial (s/)
	Mano de obra						
	CAPATAZ "A"		hh				
	OPERARIO		hh				
	PEON		hh				
	Materiales						
	AGREGADO FINO		m3				
	EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA CQS-1hP		l				
	AGUA POTABLE		m3				
	CEMENTO PORTLAND TIPO 1		bls				
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo				
	MICROPAVIMENTADORA		hm				
	TANQUE DE EMULSIÓN - ESTACIONARIO		hm				
	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250-330 PCM		hm				

ANEXO 5. VALIDACIÓN DE RESULTADOS PROCESADOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA CHANCADA

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO		
MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)			
NOMBRE DEL PROYECTO:	<i>Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmaca</i>	FECHA DE RECEPCION:	<i>2019-07-23</i>
TIPO DE MATERIAL:	<i>Arena Chancada</i>	FECHA DE ENSAYO:	<i>2019-07-24</i>
USO PROPUESTO:	<i>Mortero Asfáltico (Micropavimento)</i>	FECHA DE ELABORACION:	<i>2019-07-27</i>
ORIGEN O YACIMIENTO:	<i>Cantera Hualapampa</i>	ENSAYADO POR:	<i>Trng. Pablo Guamán</i>
ABCISA Y PROFUNDIDAD:	<i>0+000</i>	REVISADO POR:	<i>Ing. Geovanny Carrera</i>

GRANULOMETRIA NORMA ASTM C-136 ; ASTM C-117									
ARENA CHANCADA CANTERA HUALAPAMPA									
Tamiz No.	Abertura (mm)	Retenido parcial Muestra N°1	Retenido parcial Muestra N°2	R. Parcial Corregido Muestra N°1	R. Parcial Corregido Muestra N°2	Peso Parcial Promedio	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que pasa (%)
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.75	47.23	56.98	47.34	57.12	52.2	2.6	2.6	97.4
Pasa N° 4		1933.50	2008.74	1933.39	2008.60	1971.0			
No. 8	2.360	574.15	588.33	575.44	589.80	582.6	28.8	31.4	68.6
No. 16	1.180	417.11	418.25	418.04	419.30	418.7	20.7	52.1	47.9
No. 30	0.600	298.79	314.30	299.46	315.09	307.3	15.2	67.3	32.7
No. 50	0.300	253.89	286.40	254.46	287.12	270.8	13.4	80.6	19.4
No. 100	0.150	174.01	196.60	174.40	197.09	185.7	9.2	89.8	10.2
No. 200	0.075	118.63	108.18	118.90	108.45	113.7	5.6	95.4	4.6
Pasante No 200						92.2	4.6	100.0	0.0
Total		1980.73	2065.72	1980.73	2065.72	2023.2			

Muestra N°1	Muestra N°2
1971.00 gr	
1980.73 gr	2065.72 gr
1888.24 gr	1974.19 gr
92.49 gr	91.53 gr

P. Ca.
EMULDECCIA LTDA
1791773268001

GRÁFICO TIPO II – CANTERA HUALAPAMPA



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

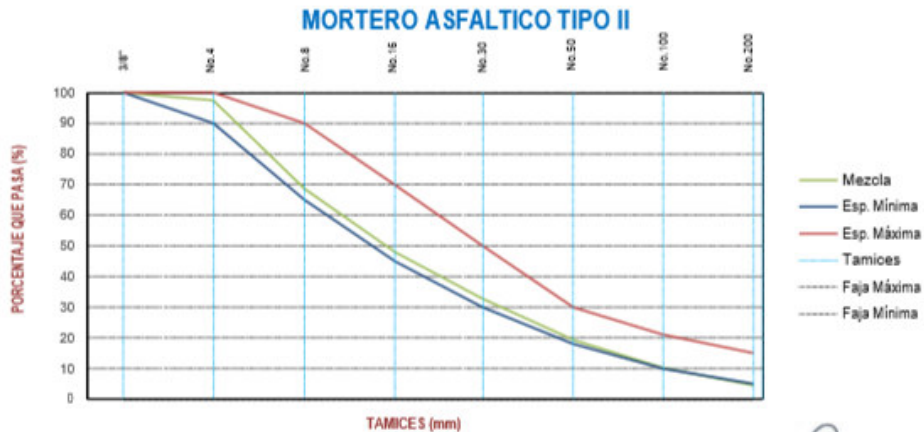
NOMBRE DEL PROYECTO:	<i>Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmabucay</i>	FECHA DE RECEPCIÓN:	2019-07-23
TIPO DE MATERIAL:	<i>Arena Chancada</i>	FECHA DE ENSAYO:	2019-07-24
USO PROPUESTO:	<i>Mortero Asfáltico (Micropavimento)</i>	FECHA DE ELABORACIÓN:	2019-07-27
ORIGEN Y ACUMENTO:	<i>Cantera Hualapampa</i>	ENSAYADO POR:	<i>Eng. Pablo Guamán</i>
ABCISA Y PROFUNDIDAD:	<i>0+000</i>	REVISADO POR:	<i>Ing. Geovanny Carrera</i>

MORTERO ASFÁLTICO TIPO II								
TAMICES	TAMAÑOS	POLVO DE PIEDRA	MATERIAL 3/8"	MEZCLA	MEDIA	ESPECIFICACIONES		TOLERANCIAS
3/8"	9.50	100.00		100.00	100	100.00	100.00	± 5 %
No. 4	4.75	97.42		97.42	95	90.00	100.00	± 5 %
No. 8	2.36	68.62		68.62	77.5	65.00	90.00	± 5 %
No. 16	1.18	47.93		47.93	57.5	45.00	70.00	± 5 %
No. 30	0.60	32.74		32.74	40	30.00	50.00	± 5 %
No. 60	0.30	19.36		19.36	24	18.00	30.00	± 4%
No. 100	0.150	10.18		10.18	15.5	10.00	21.00	± 3%
No. 200	0.075	4.56		4.56	10	5.00	15.00	± 2%
Pasa No. 200								

PORCENTAJES DE CADA MATERIAL PETREO	
Arena Chancada	100 %
Material 3/8"	0 %
TOTAL	100 %

RELACION FILLER / BETUN	
Porcentaje de Filler	4.56 %
Porcentaje de Betun Teórico	8.00 %
TOTAL	0.57 %

ISSA A-143 Literal 4.2.3



EMULDECA LTDA
 1791773268001

EQUIVALENTE DE ARENA Y AZUL DE METILENO



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

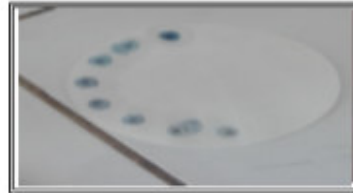
NOMBRE DEL PROYECTO:	<i>Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmaca</i>	FECHA DE RECEPCIÓN:	<i>2019-07-23</i>
TIPO DE MATERIAL:	<i>Arena Chancada</i>	FECHA DE ENSAYO:	<i>2019-07-26</i>
USO PROPUESTO:	<i>Mortero Asfáltico (Micropavimento)</i>	FECHA DE ELABORACIÓN:	<i>2019-07-31</i>
ORIGEN O YACIMIENTO:	<i>Cantera Hualapampa</i>	ENSAYADO POR:	<i>Ing. Pablo Guamán</i>
ABCISA Y PROFUNDIDAD:	<i>0+000</i>	REVISADO POR:	<i>Ing. Geovanny Carrera</i>

Ensayo de Equivalente de Arena (ASTM D-2419)

DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°4	PROMEDIO
Leitura Arilla	6,30 pulgada	7,10 pulgada	6,90 pulgada	6,20 pulgada	
Leitura Arena	3,90 pulgada	4,30 pulgada	4,30 pulgada	3,90 pulgada	
Equivalente de Arena	60,00%	60,56%	62,32%	62,90%	61,45%

Ensayo Absorción de Azul de Metileno (ISSA TB-145)

N° de lectura	Azul de Metileno
Leitura N°1	8,00 mg-g
Leitura N°2	8,00 mg-g
Leitura N°3	9,00 mg-g



Gravedad Especifica del Material Fino y Grueso

Gravedad Especifica Material Grueso (Retenido Tamiz N°4)	
A: Peso seco de la muestra en aire, ver tabla	4945,0 gr
B: Peso en estado saturada superficialmente seca de la muestra en aire	5000,0 gr
C: Peso en agua de la muestra saturada	3111,0 gr

Gravedad Especifica Material Fino (Pasante Tamiz N°4)	
A: Peso seco de la muestra en aire	495,9 gr
B: Peso del picnómetro lleno con agua	652,7 gr
S: Peso en estado saturada superficialmente seca de la muestra en aire	500,0 gr
C: Peso del picnómetro mas muestra y más agua	954,7 gr

RESUMÉN GRAVEDADES ESPECÍFICAS:

GRAVEDAD ESPECÍFICA	Material Grueso (Retenido Tamiz N°4)	Material Fino (Pasante Tamiz N°4)
BULK MASA	2,618	2,504
RELA	2,647	2,828
APARENTE	2,696	2,897
ABSORCIÓN	1,09	0,82

MASA BULK COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Gsb =	$\frac{100}{\frac{2,59\%}{2,618} + \frac{97,42\%}{2,504}}$
Gsb =	2,507 kg/m³

P. G.
EMULDECCA LTDA
1791773268001

PORCENTAJE TEORICO DE EMULSIÓN



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

NOMBRE DEL PROYECTO:	<i>Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmaca</i>	FECHA DE RECEPCIÓN:	2019-07-23
TIPO DE MATERIAL:	<i>Arena Chancada</i>	FECHA DE ENSAYO:	2019-07-24
USO PROPUESTO:	<i>Mortero Asfáltico (Micropavimento)</i>	FECHA DE ELABORACIÓN:	2019-07-31
ORIGEN O YACIMIENTO:	<i>Cantera Hualapampa</i>	ENSAYADO POR:	<i>Tnlg. Pablo Guamán</i>
ABCISA Y PROFUNDIDAD:	<i>0+000</i>	REVISADO POR:	<i>Ing. Geovanny Carrera</i>

GRANULOMETRIA NORMA ASTM C-136 ; ASTM C-117									
ARENA CHANCADA CANTERA HUALAPAMPA									
Tamiz No.	Abertura (mm)	Retenido parcial Muestra N°1	Retenido parcial Muestra N°2	R. Parcial Corregido Muestra N°1	R. Parcial Corregido Muestra N°2	Peso Parcial Promedio	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que pasa (%)
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 4	4,75	47,23	56,98	47,34	57,12	52,2	2,6	2,6	97,4
No. 8	2,360	574,15	588,33	575,44	589,80	582,6	28,8	31,4	68,6
No. 16	1,180	417,11	418,25	418,04	419,30	418,7	20,7	52,1	47,9
No. 30	0,600	298,79	314,30	299,46	319,09	307,3	15,2	67,3	32,7
No. 50	0,300	253,89	286,40	254,46	287,12	270,8	13,4	80,6	19,4
No. 100	0,150	174,01	196,60	174,40	197,09	185,7	9,2	89,8	10,2
No. 200	0,075	118,63	108,18	118,90	108,45	113,7	5,6	95,4	4,6
Pasante No 200						92,2	4,6	100,0	0,0
Total		1980,73	2065,72	1980,73	2065,72	2023,2			

Peso Promedio Agregado Fino =
 Peso Inicial de la muestra seca =
 Peso de la muestra lavada =
 Material Pasante Malla N°200 =

Muestra N°1	Muestra N°2
1971,00 gr	
1980,73 gr	2065,72 gr
1888,24 gr	1974,19 gr
92,49 gr	91,53 gr

PORCENTAJE TEÓRICO DE EMULSIÓN MÉTODO ISSA TB-118

Espesor de la Película de Asfalto en el Agregado (t) = 5,7 micrones
 Gravedad Específica del Asfalto (ASG) = 1,005 gr/cm³
 Porcentaje de asfalto residual de la Emulsión (AR) = 62,00 %
 Absorción de Kerosene en el agregado (KA) = 4,95 %
 Coeficiente de Conversión de Unidades = 0,02047

$$\%L = (S.T.A. * t * (0,02047) * (ASG)) + KA = 8,97 \%$$

Porcent. Emulsión = (%L*100) / %AR =	14,47 % de emulsión
--------------------------------------	---------------------

% L = Contenido de Asfalto Residual sobre el peso del agregado
 S.T.A. = Superficie Teórica del Agregado
 t = Espesor de la película del mortero asfáltico
 0,02047 = Coeficiente de conversión de unidades
 ASG = Peso específico del Asfalto
 % E = Porcentaje Teórico de Emulsión a aplicar en el Mortero Asfáltico
 A.R. = Porcentaje de asfalto residual de la emulsión a utilizar

METODO ISSA TB-118				
Tamiz No.	Abertura (mm)	Porcentaje Que pasa (%)	Factor Hveen	% Que Pasa x Factor H.
3/8"	9,50	100,00	0,02	2,00
No. 4	4,75	97,42	0,02	1,95
No. 8	2,360	68,62	0,04	2,74
No. 16	1,180	47,93	0,08	3,83
No. 30	0,600	32,74	0,14	4,58
No. 50	0,300	19,36	0,30	5,81
No. 100	0,150	10,18	0,60	6,11
No. 200	0,075	4,56	1,60	7,29
S.T.A. =				34,32

Pca
 EMULDECIA LTDA
 1791773268001

PESO VOLUMÉTRICO DEL MATERIAL GRANULAR FINO CANTERA HUALAPAMPA



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)


NOMBRE DEL PROYECTO:	<i>Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmaca</i>	FECHA DE RECEPCIÓN :	<i>2019-07-23</i>
TIPO DE MATERIAL:	<i>Arena Chancada</i>	FECHA DE ENSAYO :	<i>2019-07-26</i>
USO PROPUESTO:	<i>Mortero Asfáltico (Micro-pavimento)</i>	FECHA DE ELABORACIÓN:	<i>2019-07-31</i>
ORIGEN O YACIMIENTO :	<i>Cantera Hualapampa</i>	ENSAYADO POR:	<i>Trng. Pablo Guamán</i>
ABCISA Y PROFUNDIDAD:		REVISADO POR:	<i>Ing. Geovanny Carrera</i>

Datos para el Peso Volumetrico del Material Granular Fino	
A: Peso del molde o recipiente :	1,882 kg
B: Peso del molde + placa de vidrio :	2,009 kg
C: Peso del molde + placa de vidrio + agua :	4,841 kg
D: Densidad del agua a 21 °C :	998,080 kg/m ³
G: Gravedad específica del material granular :	2,504 kg/m ³
V: Volumen del molde (C-B)/D :	0,0028 m ³
E: Peso del molde + material granular suelto :	5,877 kg
E1: Peso del molde + material granular compactado (varillado) :	6,314 kg


Peso Volumetrico del Material Granular	
PV: Peso Volumétrico Suelto = (E-A) / V	1478 kg/m ³
% VS: Pcentaje de Vacios Suelto = ((G*D)-PV)/(G*D)*100	40,85 %
PV: Peso Volumétrico Compactado por varillado = (E1-A)/V	1632 kg/m ³
% VS: Pcentaje de Vacios Varillado = ((G*D)-PV)/(G*D)*100	34,69 %

P. Guamán
EMULDECA LTDA
1791773268001

ENSAYO DE CONSISTENCIA ISSA TB-106



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO




MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

NOMBRE DEL PROYECTO: Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmaca	FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-07-23
TIPO DE MATERIAL: Arena Chancada	FECHA DE ENSAYO: 2019-07-27
USO PROPUESTO: Mortero Asfáltico (Micropavimento)	FECHA DE ELABORACIÓN: 2019-07-31
ORIGEN O YACIMIENTO: Cantera Hualapampa	ENSAYADO POR: Tnlg. Pablo Guamán
ABCISA Y PROFUNDIDAD: 0+000	REVISADO POR: Ing. Geovanny Carrera

ENSAYO DE CONSISTENCIA ISSA TB-106


FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	10,0 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	13,2 %

CONSISTENCIA (cm)	
Superior	0,5 cm
Inferior	0,5 cm
Derecha	0,5 cm
Izquierda	0,5 cm
Promedio:	0,5 cm



FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	11,0 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	13,2 %

CONSISTENCIA (cm)	
Superior	2,0 cm
Inferior	3,0 cm
Derecha	0,8 cm
Izquierda	3,8 cm
Promedio:	2,4 cm



FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	12,0 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	13,2 %

CONSISTENCIA (cm)	
Superior	2,8 cm
Inferior	5,0 cm
Derecha	4,0 cm
Izquierda	3,9 cm
Promedio:	3,9 cm


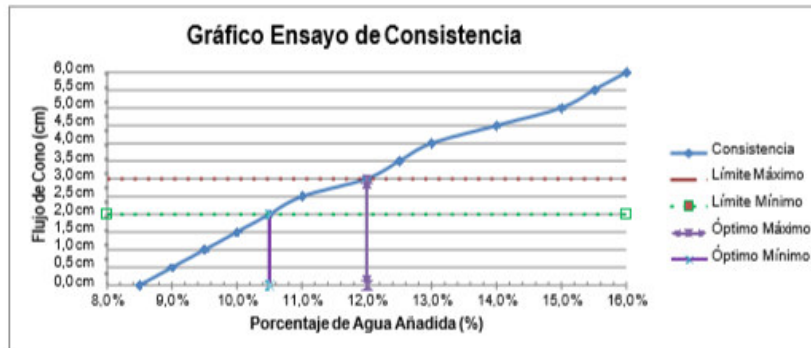


GRÁFICO ENSAYO DE CONSISTENCIA




 EMULDECA LTDA
 1791773268001

TIEMPO DE MEZCLA ISSA TB-113



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmaca	FECHA DE RECEPCIÓN:	2019-07-23
TIPO DE MATERIAL:	Arena Chancada	FECHA DE ENSAYO:	2019-07-27
USO PROPUESTO:	Mortero Asfáltico (Micropavimento)	FECHA DE ELABORACIÓN:	2019-07-31
ORIGEN O YACIMIENTO:	Cantera Hualapampa	ENSAYADO POR:	Tnlg. Pablo Guamán
TOLERANCIA Y PROFUNDIDAD:	0+000	REVISADO POR:	Ing. Giovanni Carrera

ENSAYO DE TIEMPO DE MEZCLA ISSA TB-113

AGREGADO (%)	FILLER (%)	ADITIVO (%)	AGUA (%)	EMULSIÓN (%)	TIEMPO DE MEZCLA	OBSERVACIONES
100,0 %	0,0 %	0,0 %	9,0 %	13,2 %	0 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular. (No Cumple >120 seg)
100,0 %	0,0 %	0,0 %	10,0 %	13,2 %	0 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular. (No Cumple >120 seg)
100,0 %	0,0 %	0,0 %	11,0 %	13,2 %	174 segundos	La mezcla es manejable y presenta buena consistencia. (Cumple >120 seg))
100,0 %	0,5 %	0,0 %	11,0 %	13,2 %	201 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular. (No Cumple >120 seg)
100,0 %	1,0 %	0,0 %	11,0 %	13,2 %	213 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular. (No Cumple >120 seg)
100,0 %	1,0 %	0,0 %	12,0 %	13,2 %	304 segundos	La mezcla es manejable, pero presenta una consistencia fluida. (Cumple >120 seg)
100,0 %	0,5 %	0,0 %	12,0 %	13,2 %	337 segundos	La mezcla es manejable, pero presenta una consistencia muy fluida. (Cumple >120 seg)



DESPRENDIMIENTO POR HUMEDAD ISSA TB-114

Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	11,0 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	13,2 %

DESPRENDIMIENTO EN HÚMEDO		SI CUMPLE
Recubrimiento Menor al 75%		
Recubrimiento entre 75%-90%	✓	
Recubrimiento Mayor al 90%		



P. Guamán
EMULDECA LTDA
1791773268001

ENSAYO DE COMPATIBILIDAD ISSA TB-115

MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

NOMBRE DEL PROYECTO: Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto-Huarmaca	FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-07-23
TIPO DE MATERIAL: Arena Chancada	FECHA DE ENSAYO: 2019-07-28
USO PROPUESTO: Mortero Asfáltico (Micropavimento)	FECHA DE ELABORACIÓN: 2019-07-31
ORIGEN O YACIMIENTO: Cantera Hualapampa	ENSAYADO POR: <i>Ing. Pablo Guamán</i>
ABCISA Y PROFUNDIDAD: 0+000	REVISADO POR: <i>Ing. Geovanny Carrera</i>

EN SAYO DE COMPATIBILIDAD ISSA TB-115

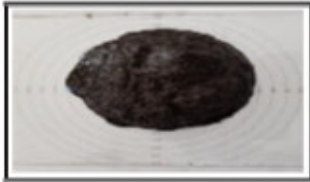
FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	11,0 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	12,0 %



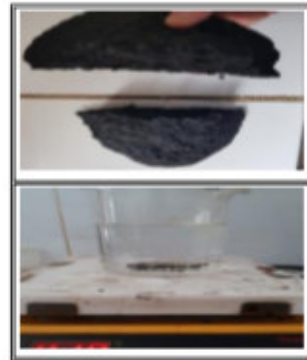
TIPO DE ENSAYO O PRUEBA		PA SA
CONSISTENCIA		
Superficie Satisfactoria	√	SI
Superficie No Satisfactoria		
CONSISTENCIA DIVIDIDA		
Muestra Uniforme	√	SI
Muestra No Uniforme		
COMPATIBILIDAD DE COPA DIVIDIDA		
Diferencia del (%) Asfalto		SI
Diferencia del (%) Reten. N°16		
DE SPRENDIMIENTO EN HUMEDO		
Recubrimiento Menor al 75%		SI
Recubrimiento entre 75%-90%		
Recubrimiento Mayor al 90%	√	
MEZCLA Y TRABAJABILIDAD		
Mezcla mayor de 2 minutos	√	SI
Mezcla menor de 2 minutos		



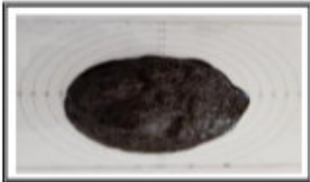
FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	10,0 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	15,0 %



TIPO DE ENSAYO O PRUEBA		PA SA
CONSISTENCIA		
Superficie Satisfactoria	√	SI
Superficie No Satisfactoria		
CONSISTENCIA DIVIDIDA		
Muestra Uniforme	√	SI
Muestra No Uniforme		
COMPATIBILIDAD DE COPA DIVIDIDA		
Diferencia del (%) Asfalto		SI
Diferencia del (%) Reten. N°16		
DE SPRENDIMIENTO EN HUMEDO		
Recubrimiento Menor al 75%		SI
Recubrimiento entre 75%-90%		
Recubrimiento Mayor al 90%	√	
MEZCLA Y TRABAJABILIDAD		
Mezcla mayor de 2 minutos	√	SI
Mezcla menor de 2 minutos		



FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	8,5 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	18,0 %



TIPO DE ENSAYO O PRUEBA		PA SA
CONSISTENCIA		
Superficie Satisfactoria	√	SI
Superficie No Satisfactoria		
CONSISTENCIA DIVIDIDA		
Muestra Uniforme	√	SI
Muestra No Uniforme		
COMPATIBILIDAD DE COPA DIVIDIDA		
Diferencia del (%) Asfalto		SI
Diferencia del (%) Reten. N°16		
DE SPRENDIMIENTO EN HUMEDO		
Recubrimiento Menor al 75%		SI
Recubrimiento entre 75%-90%		
Recubrimiento Mayor al 90%	√	
MEZCLA Y TRABAJABILIDAD		
Mezcla mayor de 2 minutos	√	SI
Mezcla menor de 2 minutos		



Pas
EMULDECIA LTDA
1791773268001

ENSAYO DE ADHESIVIDAD RIEDEL WEBER MTC E220-2000



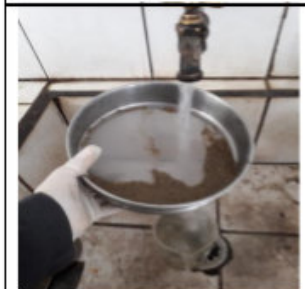
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



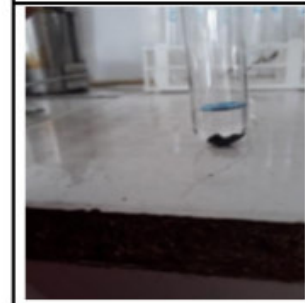
MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huamarca	FECHA DE RECEPCION:	2019-07-23
TIPO DE MATERIAL:	Arena Chancada	FECHA DE ENSAYO:	2019-07-29
USO PROPUESTO:	Mortero Asfáltico (Micropavimento)	FECHA DE ELABORACIÓN:	2019-07-31
ORIGEN O YACIMIENTO:	Cantera Hualapampa	ENSAYADO POR:	Tnlg. Pablo Guamán
ABCISA Y PROFUNDIDAD:	U+000	REVISADO POR:	Ing. Geovanny Carrera

ENSAYO DE ADHESIVIDAD RIEDEL WEBER MTC E 220-2000



SOLUCION DE ENSAYO		INDICE
AGUA DESTILADA		
Desplazamiento Total del Ligante		0
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante	✓	
MOLARIDAD M/256		
Desplazamiento Total del Ligante		1
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante	✓	
MOLARIDAD M/128		
Desplazamiento Total del Ligante		2
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante	✓	
MOLARIDAD M/64		
Desplazamiento Total del Ligante		3
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante	✓	
MOLARIDAD M/32		
Desplazamiento Total del Ligante		4
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante	✓	
MOLARIDAD M/16		
Desplazamiento Total del Ligante		5
Desplazamiento Parcial del Ligante	✓	
No hay desplazamiento del Ligante		
MOLARIDAD M/8		
Desplazamiento Total del Ligante	✓	6
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante		
MOLARIDAD M/4		
Desplazamiento Total del Ligante		7
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante		
MOLARIDAD M/2		
Desplazamiento Total del Ligante		8
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante		
MOLARIDAD M/1		
Desplazamiento Total del Ligante		9
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante		
Si no hay desplazamiento total con la Solución Molar M/1		10



EMULDECTIA LTDA

 1791773268001

ENSAYO DE ABRASIÓN EN HÚMEDO (ISSA TB-100)

ENSAYO DE ADHERENCIA POR RUEDA CARGADA (ISSA TB-109)



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL O MICRO-PAVIMENTO)

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño de Micropavimento para Sumuche Alto - Huarmaca	FECHA DE RECEPCIÓN:	2019-07-23
TIPO DE MATERIAL:	Árena Chancada	FECHA DE ENSAYO:	2019-07-29
MISO PROPUESTO:	Mortero Asfáltico (Micropavimento)	FECHA DE ELABORACIÓN:	2019-07-31
ORIGEN O YACIMIENTO:	Cantera Hualapampa	ENSAYADO POR:	Trng. Pablo Guamán
GRANULOMETRÍA Y PROFUNDIDAD:	0+000	REVISADO POR:	Ing. Geovanny Carrero

ENSAYO DE ABRASIÓN EN HÚMEDO (ISSA TB-100)

ENSAYO DE PERDIDA POR ABRASIÓN EN HÚMEDO (1 HORA)						
% Asfalto	% Emulsión	P. Inicial	P. Final	Δ Abrasión	factor	Perdida Abrasión
6,60 %	11,00 %	927,67	917,02	10,65 gr	32,9	350,38 gr/m ²
7,80 %	13,00 %	936,84	928,73	8,11 gr	32,9	266,82 gr/m ²
9,00 %	15,00 %	989,44	985,25	4,19 gr	32,9	137,85 gr/m ²

ENSAYO DE PERDIDA POR ABRASION EN HUMEDO (6 DIAS)						
% Asfalto	% Emulsión	P. Inicial	P. Final	Δ Abrasión	factor	Perdida Abrasión
6,60 %	11,00 %	972,61	958,17	16,44 gr	32,9	540,85 gr/m ²
7,80 %	13,00 %	894,22	884,91	9,31 gr	32,9	306,30 gr/m ²
9,00 %	15,00 %	987,35	984,06	3,29 gr	32,9	108,24 gr/m ²

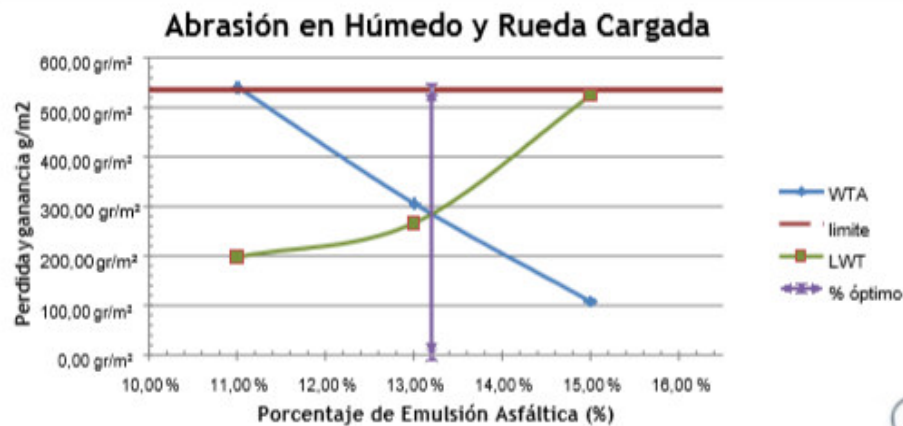
Límites Especificados ISSA A-143 e ISSA A-105
Abrasión en Húmedo 1 hora = 536 gr/m ² Máximo
Abrasión en Húmedo 6 días = 807 gr/m ² Máximo

ENSAYO DE ADHERENCIA POR DE RUEDA CARGADA (ISSA TB-109)

ENSAYO ADHERENCIA DE ARENA POR RUEDA CARGADA						
% Asfalto	% Emulsión	P. Inicial	P. Final	Δ Rueda C.	Area Molde	Adhesión Arena
6,60 %	11,00 %	827,83	830,29	2,46 gr	0,012425 m ²	197,99 gr/m ²
7,80 %	13,00 %	870,76	874,07	3,31 gr	0,012425 m ²	266,40 gr/m ²
9,00 %	15,00 %	873,38	879,87	6,51 gr	0,012425 m ²	523,94 gr/m ²

Límites Especificados ISSA A-143 e ISSA A-105
Rueda Cargada por Adher. Arena = 536 gr/m ² Máximo

GRÁFICO PORCENTAJE ÓPTIMO DE EMULSIÓN



EMULDEC A LTDA
1791773268001

1 CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

- Ensayo de equivalente de arena: (ASTM D-2419)

DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°4	PROMEDIO
Lectura Arcilla	6.50 Pulgada	7.10 Pulgada	6.90 Pulgada	6.20 Pulgada	
Lectura Arena	3.90 Pulgada	4.30 Pulgada	4.30 Pulgada	3.90 Pulgada	
Equivalente de Arena	60.00%	60.56%	62.32%	62.90%	61.45%

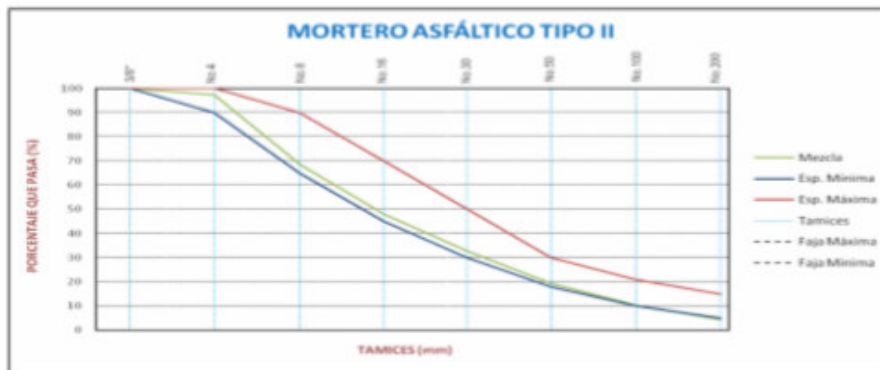
- Absorción de Azul de metileno:(ISSA TB -145)

8.0 mg-g
8.0 mg-g
9.0 mg-g

Valor de Azul de Metileno (mg/g)	Desempeño anticipado
≤ 6	Excelente
7-12	Marginalmente aceptable
13-19	Problemas/Posible falla
≥ 20	Fallado

- Granulometría: (ASTMC-136)

GRANULOMETRÍA NORMA ASTM C-136 ; ASTM C-117									
ARENA CHANCADA CANTERA HUALAPAMPA									
Tamiz No.	Abertura (mm)	Retenido parotal Muestra N°1	Retenido parotal Muestra N°2	R. Parotal Corregido Muestra N°1	R. Parotal Corregido Muestra N°2	Peso Parotal Promedio	Porcentaje Retenido Parotal	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que pasa (%)
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.75	47.23	96.96	47.34	57.12	52.2	2.6	2.6	97.4
Pase N° 4		1933.80	2008.74	1933.39	2008.60	1971.0			
No. 8	2.360	574.15	589.33	575.44	589.80	582.6	28.8	31.4	68.6
No. 16	1.180	417.11	418.25	418.04	419.30	418.7	20.7	52.1	47.9
No. 30	0.600	298.79	314.30	299.45	315.09	307.3	15.2	67.3	32.7
No. 50	0.300	253.89	286.40	254.46	287.12	270.8	13.4	80.6	19.4
No. 100	0.150	174.01	196.60	174.40	197.09	186.7	9.2	89.8	10.2
No. 200	0.075	118.63	108.18	118.90	108.45	113.7	5.6	95.4	4.6
Pasante No 200						92.2	4.6	100.0	0.0
Total		1980.73	2065.72	1980.73	2065.72	2023.2			



3. LIGANTE ASFALTICO

La emulsión utilizada para la fabricación del Slurry Seal es de tipo catiónica de ruptura controlada, modificada con polímero (CQS-1H-P), cuya fórmula maestra se presenta a continuación.

Asfalto AC-20:	62.00 %	
Prom. Adherencia:	0,031 %	
Surfactante 1:	0.90 %	
Surfactante 2:	0.10 %	
Plastificante:	0.62 %	
Ácido:	0.20 %	pH: 2.00
Agua:	34.149 %	

Obteniendo así los siguientes resultados de laboratorio:

Requisito	Unidad	Norma Técnica	Mínimo	Máximo	Resultado	Aprobado
Residuo por Evaporación	% V	NTE INEN 905	62	---	62.3	OK
Viscosidad Saybolt Furol (26°C)	SBF	NTE INEN 1581	20	100	22	OK
Ensayo del Tamiz #20	%	NTE INEN 906	---	0,1	0,03	OK
Estabilidad Almacenamiento (24h)	%	NTE INEN 909	---	1	0,49	OK
Estabilidad Asentamiento (6 días)	%	NTE INEN 910	---	5	2,31	OK
Carga de Partículas	---	NTE INEN 908	positiva		+	OK
EN BAYO EN EL RESIDUO ASFALTICO						
Penetración 26°C, 100 g, 5 segund.	1/10 mm	NTE INEN 917	40	90	62	OK
Punto de Ablandamiento	°C	ASTM D-36	57	---	59	OK
Recuperación Elástica Torsional	%	MPP-4-05-024	12	---	14	OK
Rec. Elástica por Duotilómetro 26°C	%	MPP-4-05-026	30	---	32	OK
Duotilidad a 26°C, 6cm/minuto	cm	NTE INEN 916	40	---	43	OK
Solubilidad en Tricloroetileno	%	NTE INEN 915	97,5	---	98,3	OK

4 FORMULACIONES DE TRABAJO:

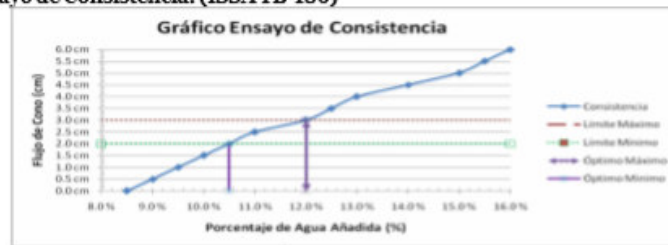
- **Porcentaje Teórico de Emulsión: (ISSATB-118)**

Espesor de la Película de Asfalto en el Agregado (t) =	5.7 micrones
Gravedad Específica del Asfalto (A SG) =	1.005 gr/cm ³
Porcentaje de asfalto residual de la Emulsión (AR) =	62.00 %
Absorción de Kerosene en el agregado (KA) =	4.95 %
Coefficiente de Conversión de Unidades	0.02047

$$\%L = (S.T.A. \cdot t \cdot (0,02047) \cdot (ASG)) + KA = 8.97 \%$$

$$\text{Percent. Emulsión} = (\%L \cdot 100) / \%AR = 14.47 \% \text{ de emulsión}$$

- **Ensayo de Consistencia: (ISSA TB-106)**



EMULDEC S.A. LTDA
1791773268001

Planta: Calle Luis Calderón s/n y Manuel Córdova Galarza, Calacali, Pichincha
 Oficina: Pasaje Alonso Jerves N26-114 y Av. Orellana, Quito
 Web: www.emuldec.com.ec E-mail: info@emuldec.com.ec Cels: 0984 058 867

Telf.2306 489
 Telf.2306 010
 099 880 6485

• **Tiempo de Mezcla: (ISSA TB-113)**

AGREGADO (%)	FILLER (%)	ADITIVO (%)	AGUA (%)	EMULSIÓN (%)	TIEMPO DE MEZCLA	OB SERVACIONES
100,0 %	0,0 %	0,0 %	9,0 %	13,2 %	0 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No Cumple >120 seg)
100,0 %	0,0 %	0,0 %	10,0 %	13,2 %	0 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No Cumple >120 seg)
100,0 %	0,0 %	0,0 %	11,0 %	13,2 %	174 segundos	La mezcla es manejable y presenta buena consistencia, (Cumple >120 seg))
100,0 %	0,5 %	0,0 %	11,0 %	13,2 %	201 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No Cumple >120 seg)
100,0 %	1,0 %	0,0 %	11,0 %	13,2 %	213 segundos	La mezcla no es manejable y presenta una consistencia regular, (No Cumple >120 seg)
100,0 %	1,0 %	0,0 %	12,0 %	13,2 %	304 segundos	La mezcla es manejable, pero presenta una consistencia fluida, (Cumple >120 seg)
100,0 %	0,5 %	0,0 %	12,0 %	13,2 %	337 segundos	La mezcla es manejable, pero presenta una consistencia muy fluida, (Cumple >120 seg)

*Filler = Cemento Portland Tipo 1

■ = Formulación para el ensayo de Cohesión.

• **Desprendimiento por Humedad (ISSA TB-114)**

FORMULA DE TRABAJO	
Datos	Porcentaje
Agregado	100,0 %
Cemento	1,0 %
Agua	11,0 %
Aditivo	0,0 %
Emulsión	13,2 %

DESPRENDIMIENTO EN HUMEDO		SI CUMPLE
Recubrimiento Menor al 75%		
Recubrimiento entre 75%-90%	√	
Recubrimiento Mayor al 90%		

• **Determinación de la Compatibilidad (ISSA TB-115)**

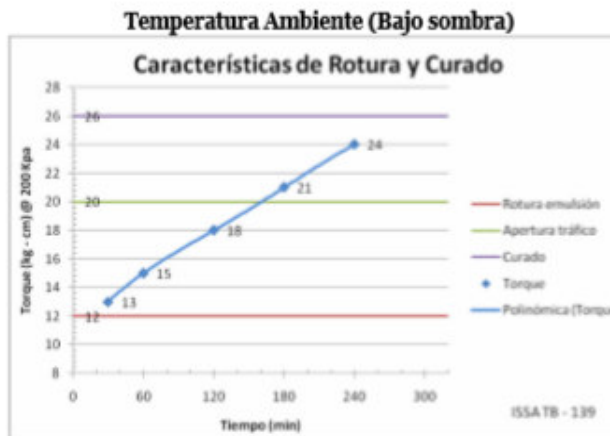
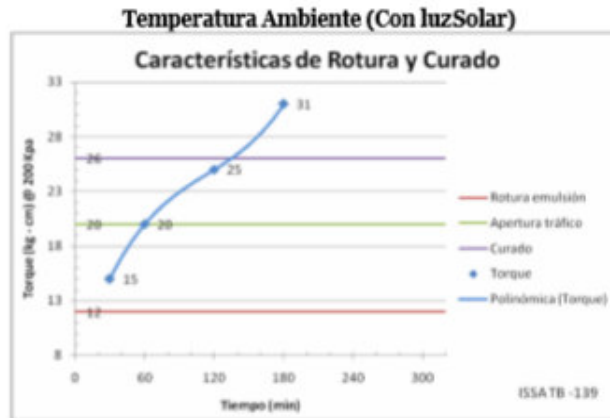
TIPO DE ENSAYO O PRUEBA	PASA
CONSISTENCIA	
Superficie Satisfactoria	√ SI
Superficie No Satisfactoria	
CONSISTENCIA DIVIDIDA	
Muestra Uniforme	√ SI
Muestra No Uniforme	
COMPATIBILIDAD DE COPA DIVIDIDA	
Diferencia del (%) Asfalto	SI
Diferencia del (%) Reten. N°16	SI
DESPRENDIMIENTO EN HUMEDO	
Recubrimiento Menor al 75%	SI
Recubrimiento entre 75%-90%	
Recubrimiento Mayor al 90%	
MEZCLA Y TRABAJABILIDAD	
Mezcla mayor de 2 minutos	√ SI
Mezcla menor de 2 minutos	

Pa
EMULDEC CIA LTDA
1791773268001

- Adhesividad Riedel Weber (MTC E-220)

MOLARIDAD M/32		4
Desplazamiento Total del Ligante		
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante	√	
MOLARIDAD M/16		5
Desplazamiento Total del Ligante		
Desplazamiento Parcial del Ligante	√	
No hay desplazamiento del Ligante		
MOLARIDAD M/8		6
Desplazamiento Total del Ligante	√	
Desplazamiento Parcial del Ligante		
No hay desplazamiento del Ligante		

- Ensayo de cohesión (ISSA TB-139)

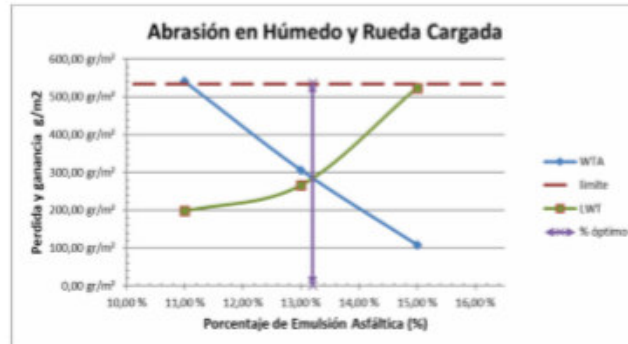


P. Oca
EMULDEC CIA LTDA
1791773268001

- Ensayo de Abrasión en Húmedo WTA (ISSA TB-100) y
- Ensayo de Rueda Cargada (ISSA-TB-109)

Límites Especificados ISSA A-143 e ISSA A-105
Abrasión en Húmedo 1 hora = 538 gr/m ² Máximo
Abrasión en Húmedo 6 días = 807 gr/m ² Máximo

Límites Especificados ISSA A-143 e ISSA A-105
Rueda Cargada por Adher. Arena = 538 gr/m ² Máximo



Fórmula de trabajo para Mortero Asfáltico Tipo III		Mix No. - 1
Agregado Cantera Cabuyal (Arena Chancada)		100%
Cemento Portland		1.0%
Cal		0 %
Sol. Al ₂ (SO ₄) ₃		0%
Solución Jabonosa		0 %
Agua		11.0%
CQS-1H-P (62% Asfalto Residual + 3% de Polímero)		13.2%
Resultados de pruebas de desempeño (*)		
Tiempo de mezcla @ 20 °C (seg)		180 seg
Cohesión 30 min (kg-cm)		15
Cohesión 60 min (kg-cm)		20
Cohesión 120 min (kg-cm)		25
Cohesión 180 min (kg-cm)		31
Abrasión en húmedo (saturación - 1 hora) g/m ²		211
Abrasión en húmedo (saturación - 6 días) g/m ²		290
Rueda Cargada (adherencia de arena) g/m ²		305

P. C.
EMULDECA LTDA
1791773268001

(*): Estos resultados fueron obtenidos con las probetas o moldes que se curaron a temperatura ambiente expuestos a la luz solar.

ANEXO 6: CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Eder Melendres Chuguiñanque con DNI N° 42658016. Ingeniero en Infraestructura vial
 N° CIP 95546, de profesión Ing. Civil
 desempeñándome actualmente como Gerente General
 en EMR Ingeniería y Construcción E.I.R.L.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Guía de Pautas y Cuestionario

del proyecto de investigación "Diseño de Micropavimento con Emulsión Asfáltica modificada con Polímero (CQS – 1hP) para el Camino Vecinal de Sumuche Alto – Distrito de Huarmaca, Huancabamba, Piura 2018".

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Cuestionario Para Jóvenes Universitarios de la UCV-Piura	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 10 días del mes de Noviembre de Dos mil diecinueve.

Ingeniero
 DNI 42658016
 Especialidad: Infraestructura vial
 E-mail: eder.melendres@emr.com.pe
 Ing. Eder Melendres Chuguiñanque
 EMR INGENIERIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L.
 42658016
 emr.com.pe

ANEXO 07: PANEL FOTOGRÁFICO
1. Caracterización de Material Mineral.





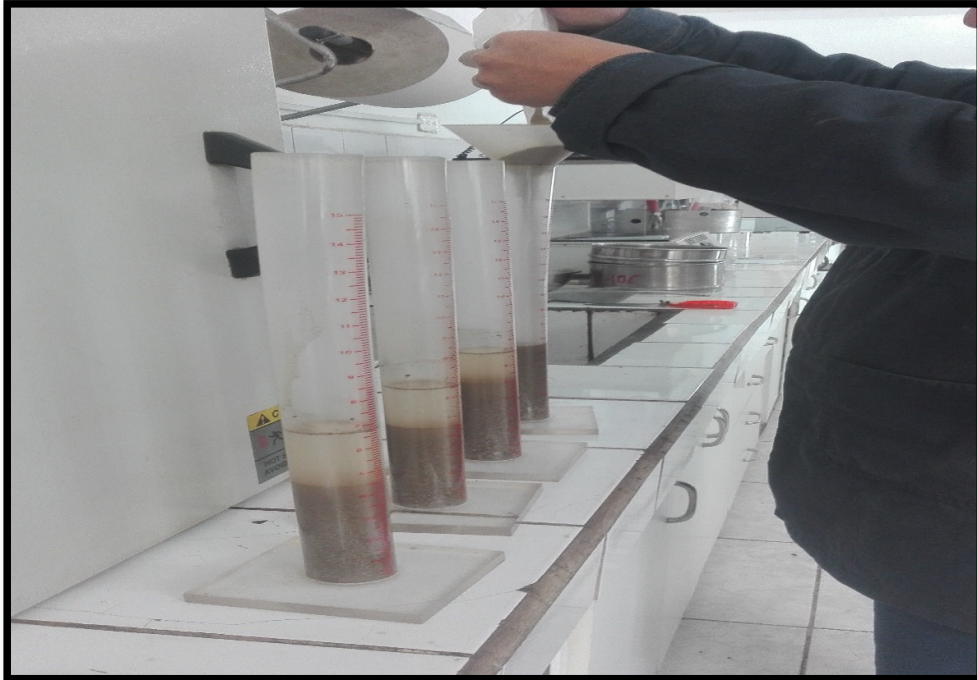


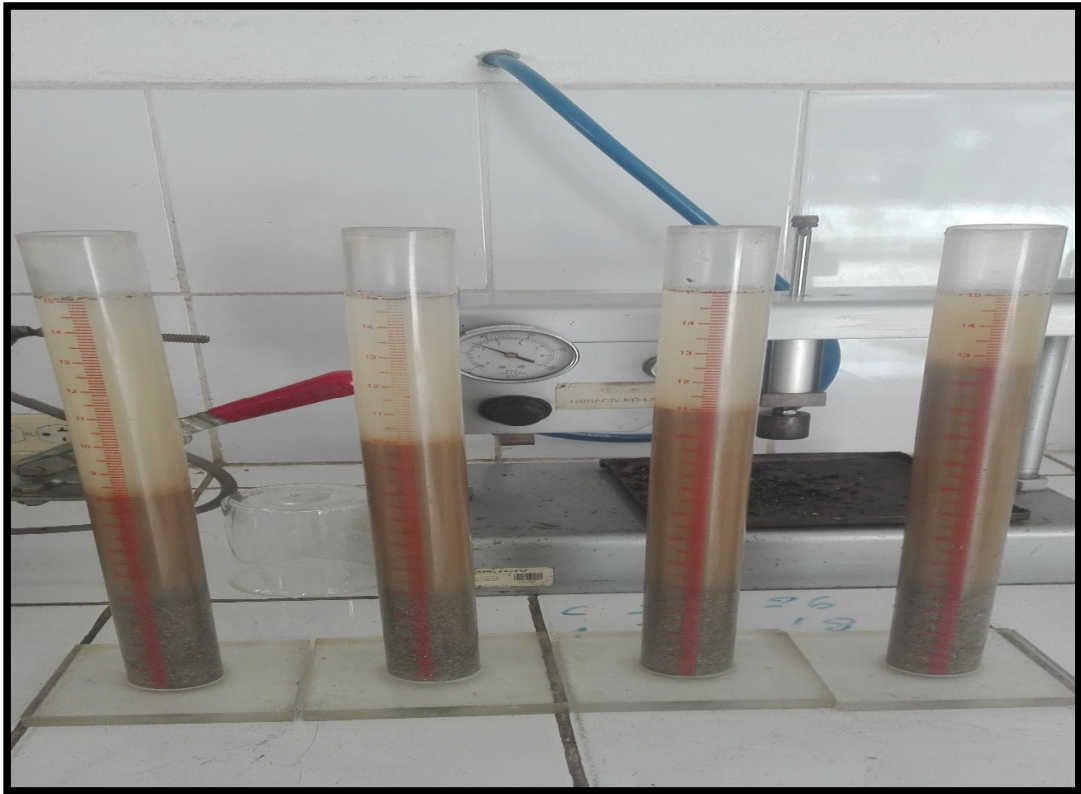
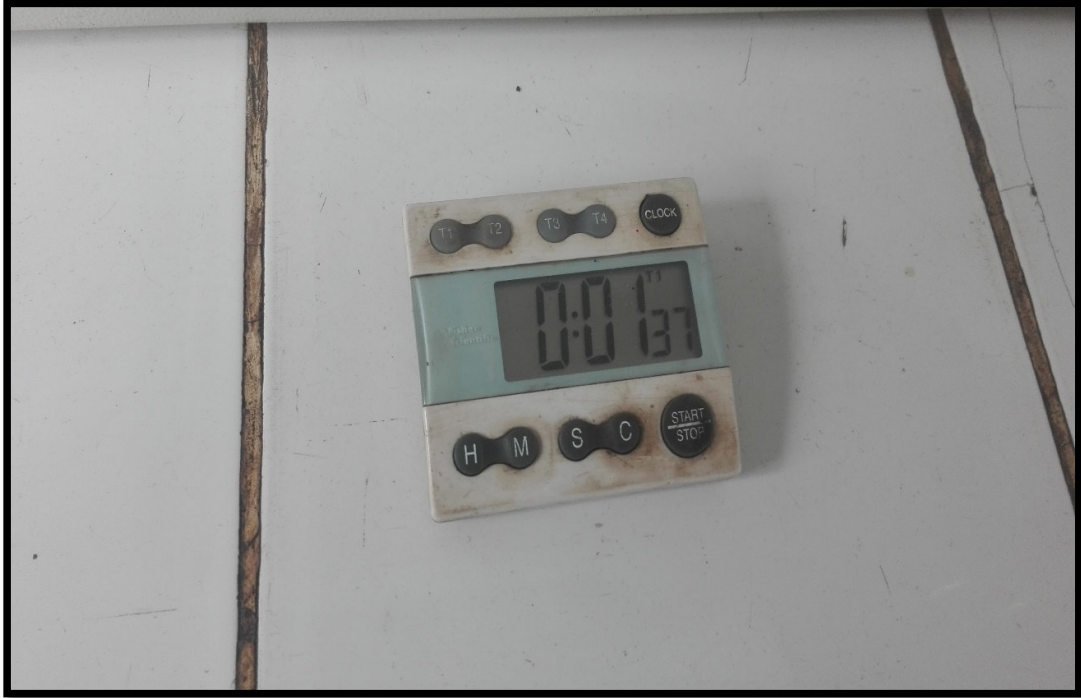


Equivalente de Arena









2. Ensayos para la Emulsión Asfáltica

Residuo Asfáltico

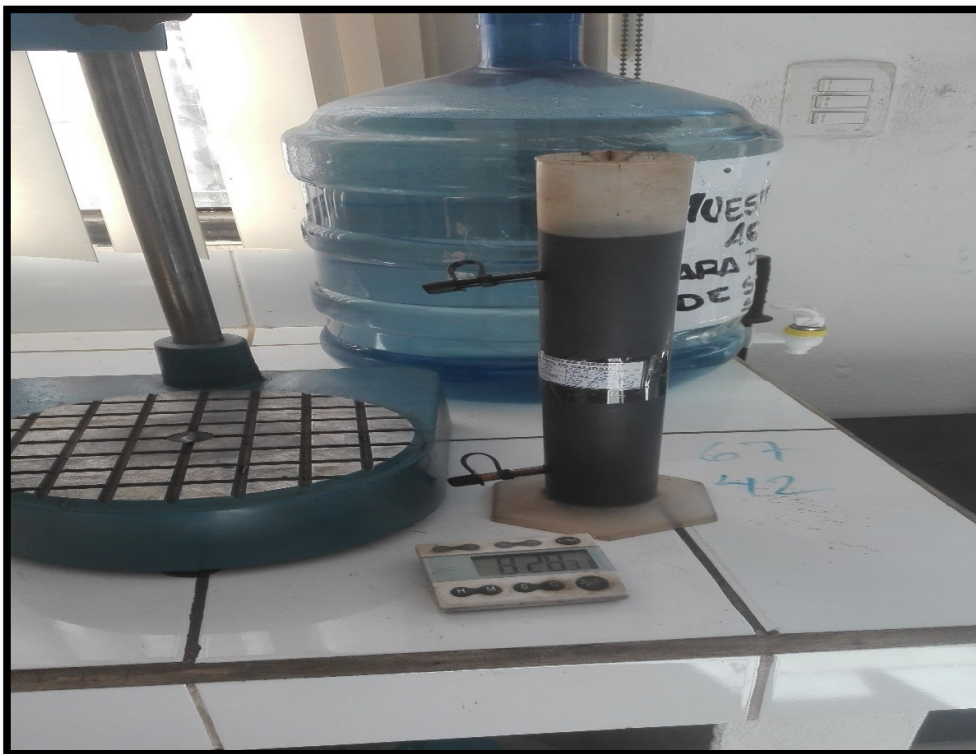


Tamizado #20





Prueba de estabilidad 24 horas, %



Prueba de Asentamiento 5 días, %

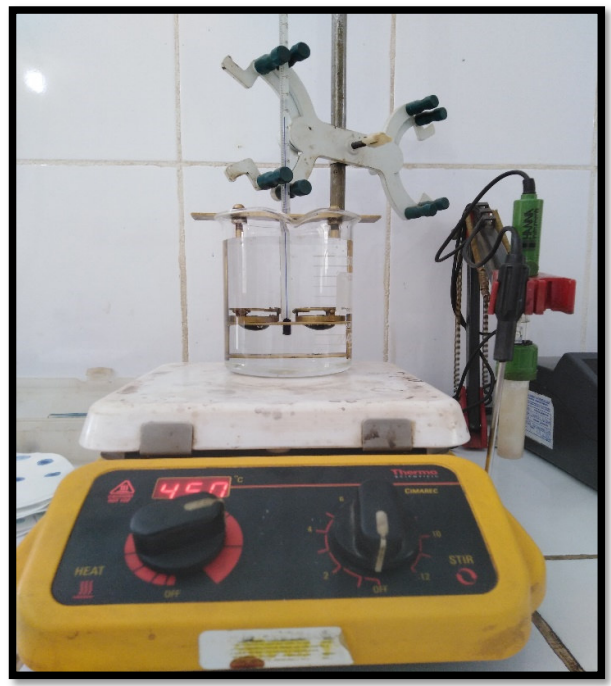


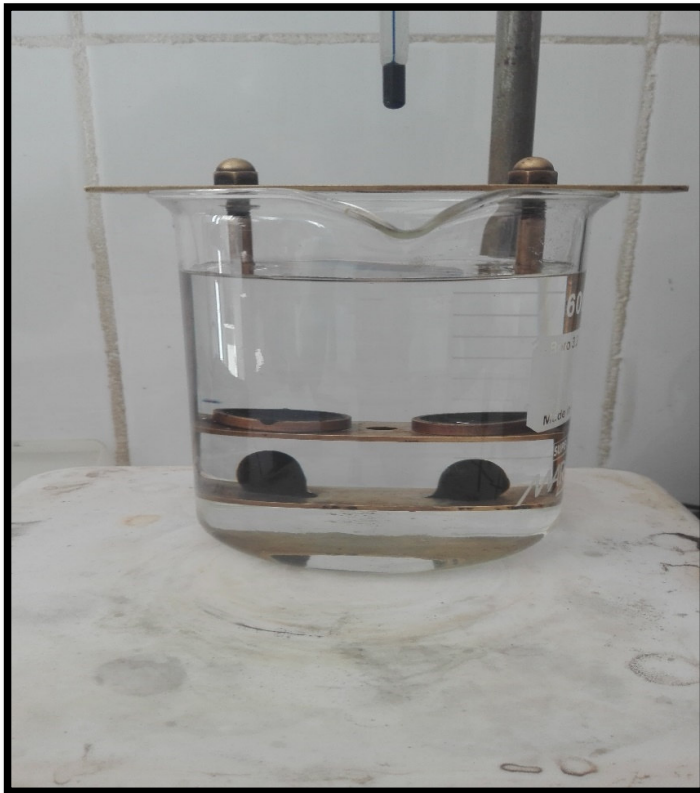
Viscosidad Saybolt Furol @25°, seg



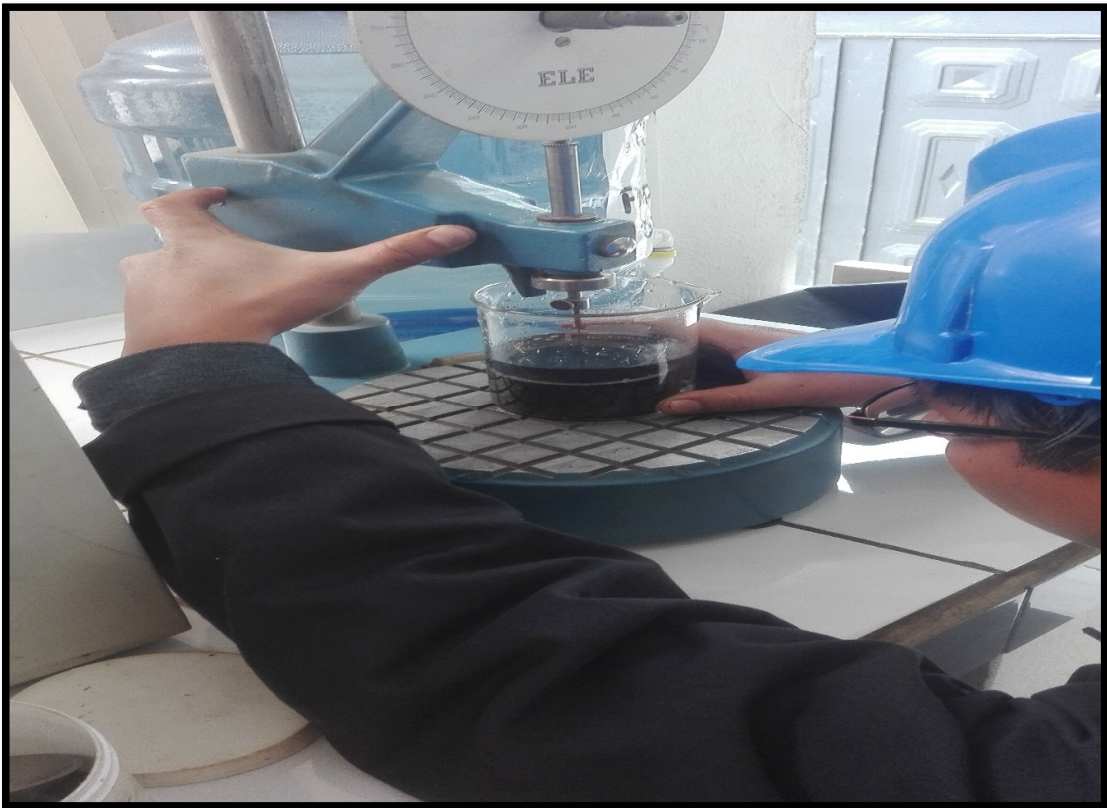
Ensayos al Residuo Asfáltico

Punto de Ablandamiento, C°





Penetración al residuo a 25°, %





Ductilímetro lineal a 25°, %

Ductilidad a 5°, cm



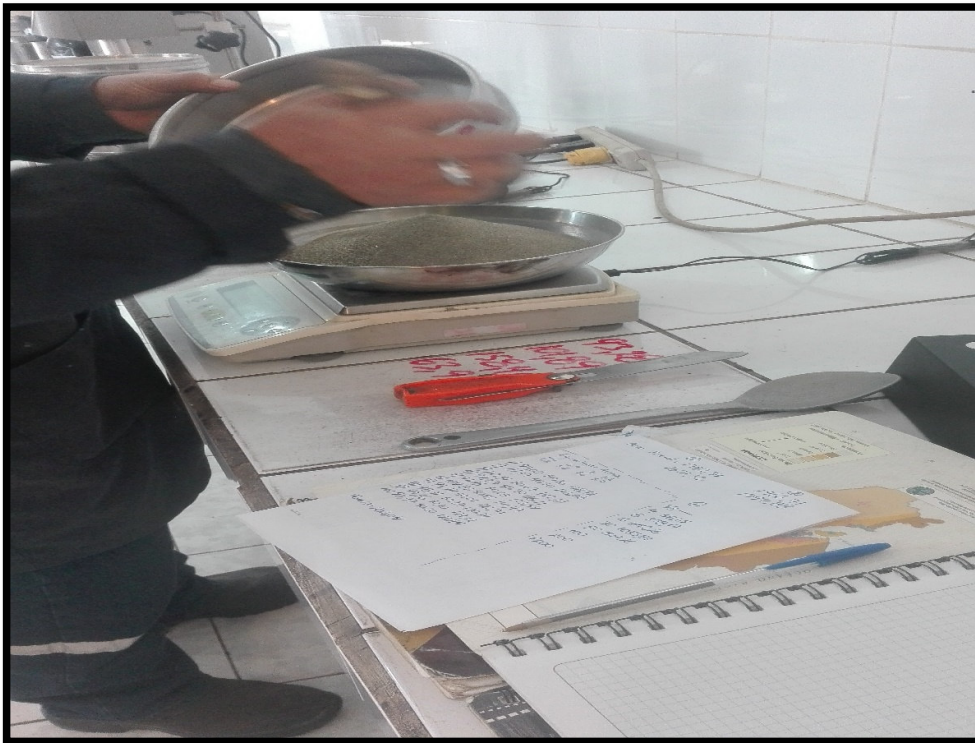






3. Ensayos para la Mezcla Asfáltica

Tiempo de Mezcla





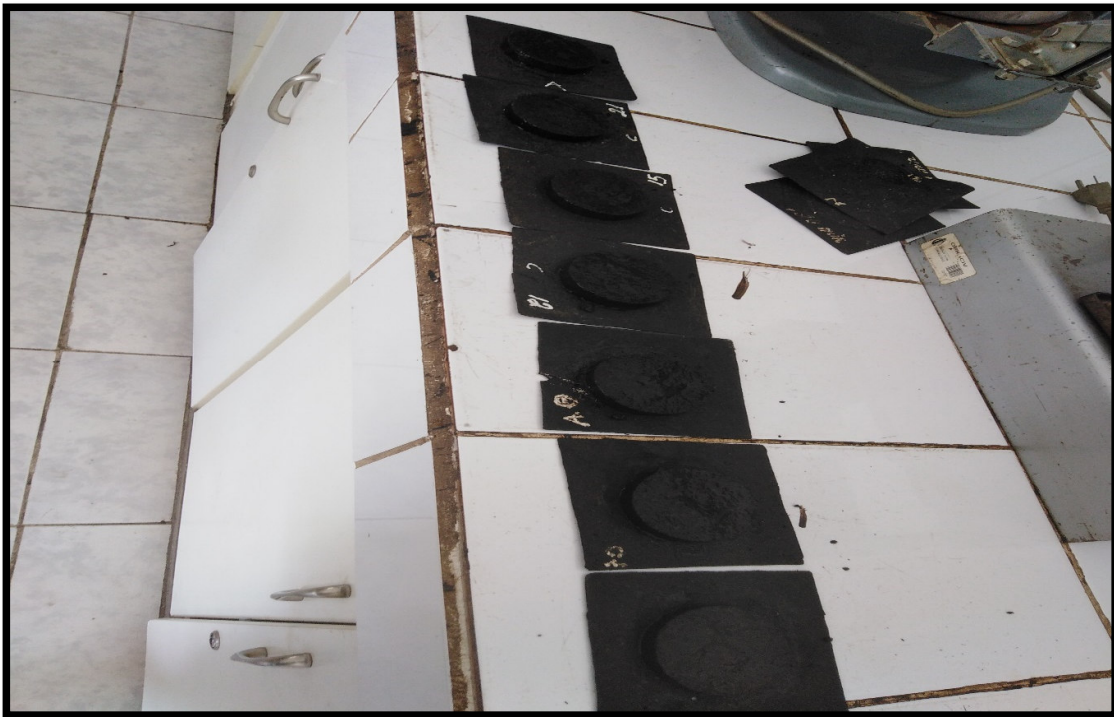
Consistencia Cono de Kansas





Ensayo de cohesión 30 min

Ensayo de cohesión 60 min







Ensayo de Rueda Cargada (Load Wheel Test - LWT g/m²)









Ensayo de Abrasión (Wet Track Abration – WTAT g/m2)

