



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Mejoramiento de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho usando mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros – 2020.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Gomez Prado Eric Gustavo (ORCID: 0000-0001-9415-2168)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA:

Dedico esta investigación a las personas que constantemente me brindaron su apoyo en momentos difíciles a lo largo de mi formación profesional, a mi asesor por su tiempo y ayuda para realizar este trabajo de investigación y especialmente a mis Padres Elías y Eusebia y a mi hermano.

Eric Gustavo Gómez Prado

AGRADECIMIENTOS:

Primero y, antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy y darme el soporte y compañía durante el periodo universitario.

A mis familiares, amigos y compañeros por darme ánimos y apoyo para seguir adelante en esta carrera tan hermosa como es la de Ingeniería Civil.

A mi asesor de tesis Dr. Cancho Zúñiga Gerardo Enrique por el tiempo, la paciencia y la enseñanza que me ha dedicado a lo largo de Tesis.

Eric Gustavo Gómez Prado

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDO	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE GRÁFICOS.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	19
3.1 Metodología de la investigación	19
3.2 Variables, operacionalización.....	19
3.3 Población, muestra.....	20
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5 Procedimientos.....	22
3.6 Método de análisis de datos.....	22
3.7 Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS DEL PROYECTO.....	24
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Características del Aeropuerto de Ayacucho.....	24
Cuadro N° 2: Dirección del Viento Prevaliente	25
Cuadro N° 3: Promedio Mensual de Velocidad del Viento (nudos)	25
Cuadro N° 4: Promedio Mensual de Temperatura (°C)	26
Cuadro N° 5: Promedio Mensual de Temperatura Máxima (°C).....	27
Cuadro N° 6: Promedio Mensual de Temperatura Mínima (°C).....	27
Cuadro N° 7: Promedio Temperatura de Rocío (°C).....	28
Cuadro N° 8: Promedio Humedad Relativa (%).....	28
Cuadro N° 9: Promedio Cantidad Total de Precipitación (mm).....	28
Cuadro N° 10: Movimiento del Trafico para operaciones, pasajeros y carga	30
Cuadro N° 11: Pronostico del trafico anual.....	31
Cuadro N° 12: Tipo de Aeronave y operaciones anuales.....	31
Cuadro N° 13:Requerimiento de calidad para los agregados gruesos y finos	34
Cuadro N° 14: Requerimiento de calidad para los agregados gruesos	35
Cuadro N° 15: Requerimiento de calidad para los agregados finos	35
Cuadro N° 16: Características de los agregados estudiados para la MAC.....	36
Cuadro N° 17: Agregado - HMA pavimento.....	37
Cuadro N° 18: Agregado - MAC pavimento -EG 2013	38
Cuadro N° 19: Composición granulométrica utilizada	38
Cuadro N° 20: Selección del tipo de Cemento Asfáltico.....	40
Cuadro N° 21: Características del cemento asfaltico tipo 85/100.....	41
Cuadro N° 22: Requerimiento de calidad para la MAC (P-401) -FAA	43
Cuadro N° 23: Requerimiento de calidad para la MAC -EG2013	43
Cuadro N° 24: Cemento asfaltico convencional - mezcla total (%).....	44
Cuadro N° 25: Cuadro de resumen del Contenido de asfalto.....	46

Cuadro N° 26: Cuadro de resultados de los Ensayos de Convencionales de la MAC tradicional.....	47
Cuadro N° 27: Cuadro de resultado del ensayo de Prueba de Hamburgo de la MAC convencional	48
Cuadro N° 28: Cuadro de resultados de los ensayos de Módulo de resiliencia de la MAC convencional	49
Cuadro N° 29: Certificado de calidad (Características de BETUTEC IC)	51
Cuadro N° 30: Cemento asfáltico modificado mezcla total (%)	52
Cuadro N° 31: Resumen óptimo de contenido de asfalto.....	54
Cuadro N° 32: Cuadro de resultados de los Ensayos Convencionales de la MACp	55
Cuadro N° 33: Cuadro de valores obtenidos -MACp.....	55
Cuadro N° 34: Cuadro de resultados de los ensayos de módulo de resiliencia de la MACp.	56
Cuadro N° 35: Resumen Mr. - Cantera Compañía sin modificar.....	57
Cuadro N° 36: Resumen Mr. - Cantera Compañía modificada con SBS.....	57
Cuadro N° 37: Selección de Módulo de Resiliencia	58
Cuadro N° 38: Cuadro comparativo - Ensayo TSR%	58
Cuadro N° 39: Cuadro de la Prueba de Hamburgo	59
Cuadro N° 40: Cuadro comparativo - Discusión N°01	60
Cuadro N° 41: Cuadro comparativo - Discusión N°02.....	61
Cuadro N° 42: Cuadro comparativo - Discusión N°03.....	62

INDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 01: Ensayos de laboratorio más utilizados	17
Grafico N° 02: Diagrama de Venn	20
Grafico N° 3: Ubicación de la Cantera Compañía	33
Grafico N° 4: Línea máxima del material - Cantera Compañía.....	39
Grafico N° 5: Cuadro de densidad.....	45
Grafico N° 6: Cuadro de Estabilidad.....	45
Grafico N° 7: Cuadro de Vacíos de Aire	45
Grafico N° 8: Cuadro de Vacíos en agregado mineral.....	46
Grafico N° 9: Cuadro de flujo (mm).....	46
Grafico N° 10: Cuadro de densidad - MACp.....	53
Grafico N° 11: Cuadro de Estabilidad - MACp.....	53
Grafico N° 12: Cuadro de Vacíos de Aire - MACp.....	53
Grafico N° 13: Cuadro de Vacíos en el agregado mineral -MACp.....	54
Grafico N° 14: Cuadro de flujo (mm) - MACp	54

RESUMEN

El presente proyecto de investigación de tesis “Mejoramiento de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho usando mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros – 2020”, es un trabajo en el cual se analizó de la incorporación de polímeros a un asfalto convencional mejorando las propiedades físicas – mecánicas del pavimento, se estableció como diseño de investigación experimental, el tipo de investigación es cuantitativo. En el tema población utilizaremos 40 briquetas de asfalto, y para la muestra de este proyecto utilizaremos 15 briquetas de asfalto convencional y 15 briquetas de asfalto modificado y 1 briquetas de asfalto convencional y 1 de asfalto modificado con polímeros.

Se realizaron ensayos al agregado de la cantera propuesta tanto a las mezclas tradicional como a las mezclas modificadas mediante el ensayo de Marshall, así como también ensayos de desempeño como es el módulo resiliencia de la mezcla asfáltica por tensión indirecta y el ensayo de prueba de Rueda de Hamburgo, obteniendo como resultados un mejoramiento de las propiedades físico y mecánicas, asegurando la calidad y garantía de los años proyectados para su servicio y un mayor desempeño de la mezcla en condiciones adversas de temperatura.

Palabras Clave: Polímeros, FAA, AASHTO, Rueda de Hamburgo, Modulo de resiliencia.

ABSTRACT

The present thesis research project "Improvement of the asphalt layer of the pavement of the Ayacucho Airport using hot mix asphalt modified with polymers - 2020", is a work in which the incorporation of polymers to a conventional asphalt was analyzed, improving the physical-mechanical properties of the pavement, was established as an experimental research design, the type of research is quantitative. In the population issue, we will use 40 asphalt briquettes, and for the sample of this project, we will use 15 conventional asphalt briquettes, 15 modified asphalt briquettes, 1 conventional asphalt briquettes, and 1 polymer-modified asphalt.

Tests were carried out on the aggregate of the proposed quarry both to the traditional mixtures and to the modified mixtures by means of the Marshall test, as well as performance tests such as the resilience modulus of the asphalt mixture by indirect stress and the Rueda test of Hamburg, obtaining as results an improvement of the physical and mechanical properties, ensuring the quality and guarantee of the years projected for its service and a greater performance of the mixture in adverse temperature conditions.

Keywords: Polymers, FAA, AASHTO, Hamburg Wheel, Resilience Module.

I. INTRODUCCIÓN

El transporte aéreo es un servicio elemental dentro del desarrollo económico y social de una comunidad, por ello, que la ingeniería civil, debe estar capacitado para ofrecer a las personas una mejor condición de vida a través de redes viales a lo largo del territorio nacional, que le permitan al usuario trasladarse con mayor confort y sobre todo tranquilidad.

De este modo, la vialidad pasa a ser un componente esencial para la movilidad de las personas que requieren moverse hacia los centros laborales, educativos, recreativos, organizaciones, etc. Por ello, es prioritario disponer de infraestructuras aeroportuarias que garanticen una circulación fiable, correcta y dinámica de los pasajeros. Gracias a esto los pavimentos, son elementos primordiales para las obras de las redes viales de un territorio.

En este sentido, según las Pautas metodológicas para alternativas técnicas de pavimentos en PIP de carreteras (2015 pag.13). Define lo siguiente: “El pavimento es un sistema de capas cimentada sobre una subrasante de la carretera, para tolerar y compartir esfuerzos producidos autobús o aeronaves, mejorando el estado de tranquilidad y bienestar para el transporte. Generalmente, está conformada por capa de rodadura, base y subbase”.

En este mismo sentido, el Manual de diseño de Aeródromos Parte 3: Pavimentos (Segunda edición: 1983). Define como pavimento: “Es una composición de una base firme y una capa de asfalto, colocada sobre una superficie de fundación para aguantar las cargas del transporte y distribuir las a la superficie”

Al respecto esta investigación se desarrollará en el Aeropuerto de Ayacucho que cuenta en la actualidad con una pista de aterrizaje de pavimento flexible de 2.800 m de largo por 45 m de ancho, el cual se encuentra deteriorado por efecto de diversas causas principalmente por los problemas de pérdida de capacidad mecánica tanto del asfalto como de la base granular en diversos sectores, como resultado se observan fisuras, grietas, degradación del asfalto y asentamientos locales en ciertos tramos de la pista, además, se producen aniegos de agua de lluvia lo que acelera el deterioro del pavimento, observándose también que en la actualidad no existe sistemas adecuados de drenaje que permitan evacuar de

manera adecuada el agua acumulada durante las horas de lluvia; considerándose además que la región de Ayacucho presenta altos niveles de precipitación.

A pesar de haber sido rehabilitado la pista de aterrizaje mediante el Proyecto: “Rehabilitación de los pavimentos del Aeropuerto de Ayacucho”, por parte de la Concesionaria encargada del Aeropuerto, en un periodo muy corto presentó deficiencias en la carpeta como son: deterioro prematuro de la carpeta asfáltica y pérdida de propiedades elásticas del ligante.

Branco (2011) considera que los pavimentos, después de su construcción, empiezan a ser sometidos a acciones diversas, que constantemente contribuyen a su degradación progresiva; inclusive previo a entrar en servicio, las acciones de los agentes atmosféricos ocasionan solicitaciones en los pavimentos, de más o menos severa, según su constitución y ubicación.

Por lo tanto, esta investigación se centra en el Mejoramiento de la carpeta asfáltica del pavimento del aeropuerto de Ayacucho usando mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros. El cual nos lleva a plantearnos un Problema General:

¿De qué manera el uso de mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades físico - mecánico de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho? y plantear problemas específicos los cual son: 1) ¿En qué medida las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades físicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho? , 2) ¿De qué manera las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho?

Este proyecto de investigación, tiene como finalidad general analizar si la Mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros mejora el comportamiento físico - mecánico de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho. Y los objetivos específicos que se desarrollaran a lo largo de este proyecto de investigación son: Determinar si las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades físicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho y Determinar si las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.

Con respecto a las hipótesis del proyecto de investigación, se menciona que la hipótesis general consiste en, la utilización de mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades físico - mecánico de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho. Y las hipótesis específicas son: 1) el empleo de las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades físicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho. 2) el empleo de las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.

II. MARCO TEÓRICO

Para la ejecución de este capítulo, se seleccionó información de diferentes repositorios de tesis de las universidades nacionales e internacionales, de las cuales se escogió las investigaciones más en relación a las variables y contenido de este proyecto de investigación.

2.1 Antecedentes nacionales.

Los autores Villafana y Ramírez (2019), en su tesis denominada, “Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS BETUTEC IC y una mezcla asfáltica convencional 60/70” para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del norte. **El objetivo**, es determinar cuál de las dos mezclas presenta el mejor comportamiento mecánico, si la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC o la mezcla asfáltica convencional 60/70. **Metodología**, el enfoque es cuantitativo y experimental y el nivel es de tipo explicativa - correlacional. **Población y muestra**, estuvieron constituidas por 30 briquetas de mezclas asfálticas, y la muestra de la investigación son de 15 briquetas para modificada con polímeros SBS y 15 briquetas para convencional y 2 briquetas para el ensayo de la Rueda de Hamburgo. La autora **Concluyo** que la mezcla asfáltica 60/70, obtiene un valor de estabilidad de 1373 Kgf, contra 1964 Kgf en las mezclas asfálticas Betutec IC, lo cual se demuestra una mayor cohesión y adhesividad y una mejora en las propiedades mecánico la mezcla asfáltica modificada con relación a la mezcla asfáltica tradicional. Además, concluyo que la mezcla asfáltica modificada con polímeros BETUTEC IC, presenta un mejor desempeño en cuanto a la resistencia a la deformación permanente, debido a que la mezcla asfáltica modificada con polímeros BETUTEC IC, presenta en los ensayos una profundidad de ahuellamiento de 1.80 mm y es la mezcla asfáltica convencional 60/70, presenta una profundidad de ahuellamiento de 7.77 mm, garantizando de esta manera un mejor desempeño a las deformaciones permanentes.

Los autores Gargate y Huamani (2018), en su tesis titulada, “Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimentos flexible – Lima, 2018”, para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo. **El objetivo**, Determinar si las mezclas asfálticas con polímeros optimizan las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica tradicional en un pavimento flexible Lima – 2018. **Metodología**, el enfoque es cuantitativo y experimental, **Población y muestra**, estuvieron constituidas por 56 muestras de asfalto con polímeros y convencional; la muestra constituidas por 28 muestras de asfalto modificado con polímeros SBS y 28 muestras de asfalto convencional. Los autores **Concluyeron** que las mezclas asfálticas con polímeros SBS otorga una mejora en su estructura molecular y de las características mecánicas en esa mezcla asfáltica. Además, concluyeron que al instante de obtener los resultados por el Método de Marshall de las mezclas asfálticas con polímeros SBS, se produce un mayor periodo de vida útil de la mezcla asfáltica.

El autor Genderson Estrella (2016), en su tesis titulada, “Aplicación de la metodología para la modificación de asfaltos convencionales mediante polímeros en el pavimento de la carretera Pilcomayo – Chupaca 2016”, para la optar al título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana los Andes. **El objetivo**, Determinar el efecto de los polímeros en los asfaltos convencionales a través del método de Marshall en el pavimento de la carretera Pilcomayo – Chupaca. **Metodología**, el enfoque es cuantitativo, el tipo de investigación es descriptivo, explicativo y el diseño de investigación es cuasi experimental. **Población y muestra**, estuvieron constituidas por 192 muestras de asfalto y la muestra constituidas por 30 briquetas de asfalto convencional y 30 briquetas de asfalto con polímero. El autor **Concluyo** que según la evaluación efectuada se determinó que las características mecánicas de los asfaltos convencionales modificados con polímeros (EVA, SBR, SBS y caucho) son mejores en un 31% que las de un asfalto convencional sin modificar en la carretera Pilcomayo – Chupaca.

El autor Víctor Estrada (2017), en su tesis denominada, “Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus y mezclas asfálticas modificada con polímeros tipo SBS PG70 - 28”, para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Andina del Cusco. **El objetivo**, Analizar y determinar el desempeño de mezclas asfálticas convencional PEN 85/100 Plus y modificada con polímeros de tipo SBS PG70 - 28. **Metodología**, el enfoque es cuantitativo, el tipo de investigación es hipotético - deductivo y el diseño de investigación es experimental. **Población y muestra**, estuvieron constituidas por 20 briquetas de asfalto para el diseño de mezclas, 8 muestras para el ensayo de resistencia a la deformación permanente y 4 briquetas para los ensayos de resistencia a la fatiga. El autor **Concluyo** que la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS 70-28 (estabilidad igual a 2047 Kgf), le da un mayor grado de estabilidad con respecto al mezcla asfáltica convencional el cual presenta una estabilidad de 1382 Kgf, lo cual manifiesta una mayor unión y adherencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS PG 70 – 28, el cual contribuye luego al cumplimiento de la mezcla asfáltica. Además, concluyo que la mezcla modificada con polímeros SBS PG 70 – 28 presenta un mejor performance con respecto a la resistencia a la deformación persistente, debido a que dicha mezcla modificada muestra en los ensayos una profundidad de ahuellamiento de 3.790 mm, en comparación a la mezcla tradicional que presenta 12.50 mm, asegurando de esta manera mayor resistencia a la deformación permanente.

Las autoras Cahuana y Limas (2018), en su tesis titulada, “Análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix respecto a la mezcla asfáltica convencional”, para la obtención del grado profesional de Ingeniero Civil en la Universidad San Martín de Porras. **El objetivo**, Realizar un análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix respecto a la mezcla asfáltica convencional. **Metodología**, el enfoque es cuantitativo, el tipo de investigación es experimental y el nivel de investigación es descriptivo.

Población y muestra, en esta investigación la población está compuesta por una mezcla tradicional y una modificada con variados porcentajes de incorporación de Betutec IC + aditivo Warmix y la muestra de la investigación son de 24 (12 de mezcla asfáltica convencional y 12 de mezclas asfáltica modificada) briquetas que se realizaron los ensayos para determinar sus propiedades mecánicas del asfalto modificado. **Las autoras Concluyeron** que la estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix es significativamente superior a la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional en 30.15%. Además, concluyeron que el flujo de la mezcla asfáltica modificada con integración de un aditivo es superior en 3.01% con respecto a la mezcla convencional.

2.2 Antecedentes internacionales.

La autora Maila Paucar (2013), en su tesis titulada, "Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros etileno vinil acetato (EVA)" para optar por el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Central del Ecuador. **El objetivo**, Reducir el deterioro y el desgaste viales con el diseño de una mezcla asfáltica modificada con el polímero EVA. **Metodología**, es cuantitativo y el diseño de investigación es experimental. **Población y muestra**, la población estuvo constituida por 128 briquetas y la muestra constituidas por 3 briquetas de asfalto modificado con polímeros etileno vinil acetato (EVA) y 3 briquetas de asfalto tradicional (convencional). **La autora concluyo**, en las pruebas realizadas se pudo observar una notable mejora en las propiedades mecánicas, tales el módulo dinámico elástico, resistencia a la tensión indirecta, resistencia a la pérdida por desgaste, estabilidad, con respecto a la mezcla convencional, con lo cual se puede aseverar que los daños producidos por efecto de autos o camiones van a reducir con el empleo de las mezclas asfáltica modificadas.

El autor Fernando Rodríguez (2008), en su tesis denominada, "Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímeros", para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Austral de Chile. **El objetivo**, Realizar un comparativo entre las mezclas asfáltica tradicional y la mezcla asfáltica con polímeros, empleando el ensayo de Marshall. **Metodología**, el enfoque es cuantitativo, el diseño de investigación es experimental.

Población y muestra, la población estuvo constituida por 40 briquetas y la muestra constituidas por 3 muestras de asfalto modificado con polímeros y 3 muestras de asfalto tradicional (convencional). El autor **Concluyo** que, al examinar los resultados conseguidos de la prueba de estabilidad y fluencia, se señala que las mezclas asfálticas con modificadores tienen un mejor comportamiento que la mezcla hecha con asfalto tradicional. Que los asfaltos modificados con polímeros muestran que tienen una gran recuperación de su forma a los esfuerzos que fueron sometidos a comparación con los asfaltos convencionales.

El autor Juan Aimacaña (2017), en su tesis denominada, “Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales”, para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad técnica de Ambato - Ecuador. **El objetivo**, Analizar la interacción de la estabilidad y flujo mediante las mezclas asfálticas a base de polímeros y mezcla asfáltica convencionales. **Metodología**, el enfoque es cuantitativo, el tipo de investigación es aplicativo y el diseño de investigación es experimental. **Población y muestra**, la población estuvo constituida por 60 briquetas y la muestra constituidas por 3 muestras de asfalto modificado con polímeros y 3 muestras de asfalto convencional. El autor **Concluyo** que la estabilidad de la carpeta asfáltica alcanzado con la mezcla tradicional es de 5500 Kgf, con un contenido de cemento asfáltico de 6.5% y la mezcla modificada con el 1% de polímero triturado es de 4600 Kgf, con un contenido de cemento asfáltico de 6.0%, esto representa un mejor resultado a comparación con la mezcla asfáltica tradicional.

Los autores Mogoruza y Anguizola (2016), en su tesis denominada, “Análisis de propiedades de mezclas asfálticas modificadas en Panamá”, para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Tecnológica de Panamá. **El objetivo**, Determinar y comparar los beneficios técnicos y económicos que aportan los polímeros a las mezclas asfálticas frente a las deformaciones por altas temperaturas y cargas. **Metodología**, es de diseño prospectivo, experimental y analítico.

Población, estuvo compuesta por 50 briquetas y las muestras estuvieron constituidas por 10 muestras de asfalto modificado con polímeros ELvaloy y 10 muestras de asfalto modificado con polímeros SBS 411. Los autores **Concluyeron** que la comparación de los resultados de los polímeros ELvaloy y polímeros SBS 411 indican un mejoramiento considerable de las propiedades físicas y mecánicas en comparación de las mezclas asfálticas convencional. Por lo que utilizar polímeros para modificar el asfalto convencional, aumenta la vida útil, reducir los espesores de la carpeta asfáltica y los costos de los pavimentos en Panamá.

Por su parte con relación a la investigación, viene dada por la elaboración y recopilación de información relacionado a las mezclas asfálticas, propiedades, clasificación, tipo, principales tipos de polímeros y a los ensayos a utilizar.

Seguidamente, se mencionarán las teorías afines al tema de investigación definiendo lo siguiente: variables independientes y la variable dependiente y sus dimensiones para tener una noción de lo que se trabajará en este proyecto de investigación.

2.3 Mezclas asfálticas.

Según Krammer. C. (2004) estableció:

Las mezclas asfálticas, por lo general es una combinación de agregados grueso y finos, como un porcentaje ínfimo de polvo mineral y de ligante asfáltico, estas mezclas se utilizan en la construcción de carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales, entre otros. Las mezclas asfálticas deben ser resistente a las acciones atmosféricas, agua y a las solicitudes de tránsito a través de su estabilidad.

2.3.1 Propiedades de las mezclas asfálticas

Las mezclas asfálticas trabajan bien ya que son diseñadas, ejecutadas y colocadas de tal forma que se consigue obtener las propiedades deseadas.

Hay algunas características que contribuyen a la buena calidad de pavimentos entre los cuales están la estabilidad, la durabilidad, la impermeabilidad, la trabajabilidad, la flexibilidad, la resistencia a la fatiga y la resistencia al desplazamiento.

A. Estabilidad

La estabilidad de un asfalto es su capacidad para resistir movimiento y deformación bajo las cargas del tránsito. La estabilidad de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna. La fricción interna en las partículas de agregado está relacionada con propiedades del agregado tales como forma y textura superficial. La cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto.

B. Durabilidad

La durabilidad de un pavimento asfáltico es su capacidad para tolerar agentes externos, por ejemplo, la pérdida del agregado, cambios en las características del asfalto y el desprendimiento de la capa de asfalto. Dichos elementos pueden ser una consecuencia de la acción atmosférica, el tránsito.

C. Impermeabilidad

La impermeabilidad de un asfáltico es la resistencia al paso de los agentes atmosféricos hacia su interior, o través de él (contenido de vacíos). Un elevado contenido de vacíos en la mezcla, genera que el agua y el aire puedan penetrar con facilidad en el pavimento, ocasionando la pérdida de elementos químicos y descomponiendo de la mezcla. Y un bajo contenido de asfaltos genera una película delgada de asfalto el cual causa, prematuramente, un agotamiento y una disgregación de la mezcla.

D. Trabajabilidad

La trabajabilidad está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buenas trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar.

E. Flexibilidad

Es la capacidad deseable de un pavimento asfáltico en poder recuperarse luego de un movimiento o asentamiento de diferentes tipos de carga.

F. Resistencia a la Fatiga.

Es la capacidad física y funcional de resistir flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que el contenido de vacíos y la viscosidad de un asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga.

G. Resistencia al deslizamiento.

Es la capacidad de una superficie de disminuir el deslizamiento de las ruedas de las aeronaves, específicamente cuando el área este mojada producto de la lluvia.

2.3.2 Clasificación de las mezclas asfálticas

Según Padilla Rodríguez (2004): “Existen varios parámetros de clasificación para establecer las diferencias entre las distintas mezclas y las clasificaciones pueden ser diversas” (pág. 45), la clasificación puede ser la siguiente:

a) Por fracciones de agregado pétreo empleado.

- **Masilla asfáltica:** Es una sustancia producida en base al asfalto, disolvente y fibras se utiliza como sellador de grietas verticales y horizontales.
- **Mortero asfáltico:** Es una mezcla en frio, uniforme, se instala sobre una carpeta asfáltica, como capa de rodadura.
- **Concreto asfáltico:** Es un material compuesto por agregados impregnados al cemento asfáltico el cual llena espacio dejado que lo una.
- **Macadam asfáltico:** Es una carpeta asfáltica, que está constituida por capas sucesiva de piedras desde más pequeñas hacia piedras limpias ya angulosas.

b) Temperatura de puesta en obra.

- **Mezcla asfáltica en Caliente:** el rango de temperatura de estos asfaltos oscila entre los 150°C, el cual es una temperatura elevada, para que estos asfaltos no se enfríe al interactuar con los agregados, estos también se calienten. Se utiliza como capa de rodadura en el pavimento, teniendo como prioridad brindar resistencia al paso de los auto o aeronaves.
- **Mezclas asfálticas en frio:** son mezclas producidas con emulsiones asfálticas, su principal campo de empleo es en las carreteras secundarias, para retrasar el envejecimiento de las mezclas asfálticas en frio se suele incorporar un sellado de lechas asfálticas, el transporte al lugar de aplicación se realizará a temperaturas ambiente.

c) Por la proporción de Vacíos en la mezcla asfáltica.

Este factor suele ser indispensable para que no se realicen las deformaciones plásticas como resultado del paso de las cargas y de las variaciones atmosféricas.

- **Mezcla Cerradas o Densas:** El tamaño de vacíos en la mezcla no supere el 6%.
- **Mezcla Semi - Cerradas o Semi - Densas:** Donde la proporción de vacíos en la mezcla está en el rango de 6% y el 10%.
- **Mezclas abiertas:** Donde el tamaño de vacíos en la mezcla supera el 12%.
- **Mezclas porosas o drenantes:** Donde la proporción de vacíos en la mezcla supere al 20%.

d) Por el tamaño máximo del agregado pétreo.

- **Mezclas Gruesas:** Esta mezcla proporciona macrotextura al pavimento, por lo que estas mezclas se emplean en capas de rodadura con altas velocidades de tráfico. Donde el tamaño máximo del agregado no supere los 10 mm.
- **Mezcla Finas:** También llamadas morteros asfálticos, pues está conformado básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico, se usan como tratamiento superficial en zonas urbanas por lo que pueden usarse para carreteras con velocidades altas.

e) Por la estructura del agregado pétreo.

- **Mezclas con esqueleto mineral:** Este tipo de mezclas adquieren una estructura mineral duro, esta característica de dureza es debida al rozamiento interno de los agregados es importante. Se adaptan a cualquier tipo de sollicitación y de capa.

- **Mezcla sin esqueleto mineral:** No poseen un esqueleto mineral duro, esta característica de dureza es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla. Presentan gran calidad, empleándose donde la impermeabilidad sea un factor decisivo.

f) Por la granulometría.

- **Mezclas continuas:** Una cantidad muy compartida de diferentes tamaños de agregado finos y gruesos en el huso granulométrico. Son sensibles al contenido del ligante, los genera que puedan variar su comportamiento reologico.
- **Mezclas discontinuas:** Una porción muy reducido de tamaños de agregados gruesos y finos en el huso granulométrico. Son mezclas de gran calidad y muy impermeables, por ello su elevado precio y su susceptibilidad a las deformaciones plásticas.

2.3.3 Tipos de las mezclas asfálticas

2.3.3.1 Mezclas asfálticas en frio

Son las mezclas fabricadas con emulsiones asfálticas, se caracterizan por su trabajabilidad tras la fabricación incluso durante semanas, el incremento de la viscosidad es muy lento en los acopios, haciendo viable el almacenamiento el endurecimiento es relativamente rápido en las capas ya extendidas debido a la evaporación del fluidificante, las mezclas frías de graduación densa se emplean para transporte medios y livianos.

2.3.3.2 Mezclas asfálticas en caliente

Se define como mezclas asfálticas en caliente la combinación de un ligante, agregados incluyendo los polvos mineral y eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película homogénea de ligante. Las cantidades relativas de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla y la colocación en obra debe realizarse a una temperatura muy superior al ambiente.

a) Evolución de los diseños de mezclas asfálticas en caliente.

A continuación, se muestra la evolución de los métodos de diseño de mezclas asfálticas en caliente:

- **Método Marshall (1930's):** Según Padilla Rodriguez (2004) expresa que: “El Método de diseño de mezclas asfálticas, desarrollado durante la 2da guerra mundial y después fue adaptado para su uso en carreteras. Utiliza una estabilidad y porcentaje de vacíos como pruebas fundamentalmente”. (Pág. 48)
- **Método de la Western Association of State Highway on Transportation Officials WASHTO (1984):** Según Padilla Rodriguez (2004) expresa que: “Este método de diseño de mezclas recomendó cambios en los requerimientos del material y especificaciones de diseño de mezclas para mejorar la resistencia a las roderas. Con FHWA”. (Pág. 48)
- **Método de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System (AAMAS) (1987):** Según Padilla Rodriguez (2004) expresa que: “La necesidad de cambios en el diseño de mezclas fue comprobado, tardaron 2 años para desarrollar un nuevo proyecto para el diseño de mezclas, que insertaba un nuevo método de compactación en laboratorio y la valoración de las propiedades volumétricas, desarrollo de pruebas para identificar las deformaciones permanentes, grietas de fatiga y resistencia a las grietas a baja temperaturas”. (Pág. 48).
- **Método SUPERPAVE (1993):** Según Padilla Rodriguez (2004) expresa que: “El método AAMAS, sirvió como punto de inicio del método SUPERPAVE, que contiene un nuevo diseño volumétrico completo de mezcla, con funcionamiento basado en predicción a través de modelos y métodos de ensayo en laboratorio, grietas por fatiga y grietas por baja temperatura”. (Pág. 48).

El diseño volumétrico de mezclas en el SUPERPAVE es hoy en día implementado en varios países, debido a que propone un funcionamiento basado en métodos o pruebas de laboratorio que puedan ser empleados para determinar la resistencia a las deformaciones plásticas de los pavimentos”.

2.4 Mezclas asfálticas con polímeros.

Las mezclas son obtenidas a partir de la integración de un aditivo, incrementándose la capacidad física y funcional de las mezclas asfálticas y a los esfuerzos de tensión de carga (fatiga), esto contribuye a mejorar las propiedades de un pavimento ya sea en una vía o de un aeropuerto.

2.4.1 Principales modificadores utilizados en el asfalto.

Los fundamentales modificadores empleados en los materiales asfálticos son:

a) Polímero tipo I:

Es modificador de asfaltos es fabricado con base en agrupaciones de estireno, con SBS o SB, entre otras.

Este polímero es el más utilizado para la modificación de los asfaltos, ya que tiene un mayor grado de adherencia, mayor resistencia al envejecimiento y menor susceptibilidad térmica.

b) Polímero tipo II:

Este tipo de polímeros mejora las propiedades asfálticas a temperaturas bajas, aumenta la cohesión interna, mejora la flexibilidad y la elasticidad.

c) Polímero tipo III:

Este polímero mejora la resistencia a las deformaciones permanentes, se emplea en climas con temperaturas elevadas, en mezclas asfálticas para carpetas estructurales y alto índice transitabilidad.

d) Hule molido de neumáticos:

Mejorar la elasticidad y resistencia a la tensión de las mezclas asfálticas, disminuyendo la presencia de grietas por fatiga o variaciones de temperatura. Se utiliza en carpetas delgadas y en tratamientos superficiales.

2.5 Ensayos empleados para este proyecto.

Existen diversos procedimientos de diseño habitualmente empleados para describir las proporciones adecuadas del agregado y del asfalto para una mezcla, los ensayos de laboratorio más utilizados para caracterizar el agregado pétreo son los siguientes:

- Porcentaje de partículas con caras fracturadas en los agregados.
- Abrasión Los Ángeles.
- Durabilidad al sulfato de magnesio.
- Equivalente de arena y sales solubles totales.
- Adherencia y Absorción.
- Partículas chatas y alargadas.
- Azul de metileno y Adhesividad Riedel Weber.

Estos ensayos se van a realizar con el fin de determinar si los agregados que se van a utilizar para el diseño de mezclas en el laboratorio cumplen con las exigencias para la conformación de este proyecto.

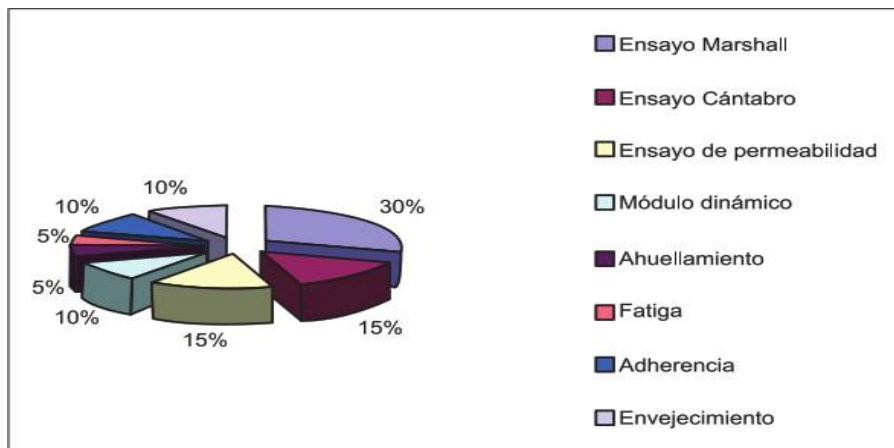
A continuación, se encuentra los ensayos con mayor frecuencia sobre los asfaltos:

- Ensayo de penetración.
- Ensayo de punto de ablandamiento.
- Viscosidad.
- Solubilidad, volatilidad.
- Ensayo de película fina.
- Peso específico, envejecimiento.

Estos ensayos determinan la calidad y el tipo de cemento asfáltico que se desea utilizar. Estos ensayos también serán realizados para el certificado de calidad del polímero a utilizar.

En el siguiente cuadro se observa los ensayos más utilizados para explorar las propiedades de mezclas asfálticas modificadas, esta clasificación de ensayos depende de los objetivos y del tipo de mezclas que se están trabajando:

Grafico N° 01: Ensayos de laboratorio más utilizados



Fuente: Rondón Quintana, Reyes Lizcano (2007).

Para este proyecto de investigación nos enfocamos en los de ensayo de Marshall, ensayo de Modulo de Resilente, ensayo de Tracción indirecta y el ensayo a la prueba de Hamburgo, el cual nos ayudaran a verificar el aporte de los polímeros a las mezclas asfálticas convencionales.

a) Ensayo de Marshall:

Este ensayo fue desarrollado para calcular el contenido óptimo de asfalto para establecer un tipo de mezcla asfáltica utilizando ensayos volumétricos y mecánicos con diferentes cualidades físicas de las muestras tales como la densidad, la Estabilidad, la Deformación, el Contenido de vacíos en la Mezcla y el contenido de vacíos en el Agregado Mineral.

b) Ensayo de Módulo de Resilente:

Este ensayo consiste en someter repetidas cargas dinámicas de rueda a un pavimento estudiando las propiedades físico y mecánicas del material y como es su recuperación ante las cargas sometidas.

c) Ensayo de Tracción Indirecta (TSR):

El ensayo de tracción indirecta reproduce el estado de tensiones en la fibra inferior de la capa asfáltica o zona de tracción. Es un método simple y específico, que aprueba copiar la respuesta de un pavimento flexible y conseguir la carga máxima que tolera una muestra antes de la rotura.

d) Ensayo a la Prueba de Hamburgo:

La prueba de Hamburgo sirve para identificar problemas de adherencia de los materiales pétreos con el cemento asfáltico y para identificar una mezcla con estructura mineral deficiente, además de identificar la susceptibilidad a las deformaciones permanentes.

III. METODOLOGÍA

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación que se desarrolla es bajo el **tipo de investigación cuantitativo**, que de acuerdo con **Hernández, Fernández y Baptista (2014)**, expresa que “Se utiliza la colección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (pág. 25)

En ese sentido, este proyecto de tesis plantea un problema de un estudio definido y específico, teniendo como base investigaciones pasadas parecido al nuestro, se fabrica un marco teórico, se recolecta los datos que se argumenta en la medición, deduciéndose una hipótesis y de las cuales se plantea los ensayos de laboratorios, terminando con la discusión, conclusiones y recomendaciones.

3.1.2 Diseño de Investigación:

El proyecto se desarrollará bajo el **diseño de investigación experimental**, que de acuerdo con **Arias (2012)**: “Consiste en dominar a un elemento o un conjunto de personas, a establecer condiciones, estímulos o procesos (variable independiente), para examinar los efectos o consecuencias que se producen (variable dependiente)”. (par. 3)

En este sentido manejamos dos variables independientes: Mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros y el comportamiento físico - mecánico, que al analizarlas en el laboratorio lograremos distinguir las variaciones de resultados que afectara evidentemente en la variable dependiente (Carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho).

3.2 Variables, operacionalización

Según **Núñez Flores (2007)** expresa que “la variable es todo aquello que se va a medir, controlar y estudiar en una investigación, es también un concepto clasificatorio. Pues asume valores diferentes, los que pueden ser cuantitativos o cualitativos. Y también pueden ser definidas conceptual y operacionalmente.” (pág. 167)

Según Grajales Guerra (1996) define que “la operacionalización de variable es semejante a su definición operacional, para utilizar el concepto a nivel experimental, encontrando componentes concretos, indicadores que aprueben medir el concepto en cuestión” (par.2)

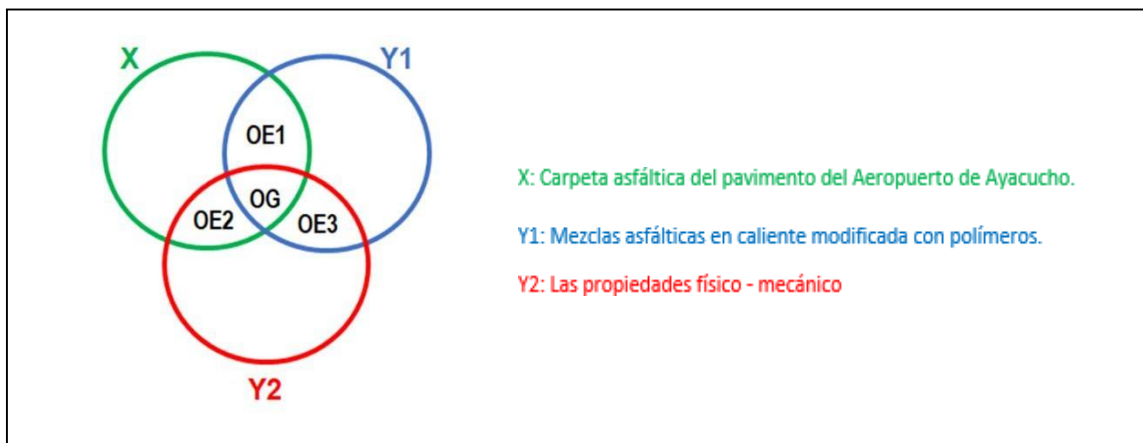
En este sentido, las variables en este proyecto de investigación son las siguientes:

Variable Dependiente (X): Carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.

Variable Independiente (Y₁): Mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros.

Variable Independiente (Y₂): Las propiedades físico - mecánico.

Grafico N° 02: Diagrama de Venn



Fuente: Elaboración Propia.

3.3 Población, muestra.

La Población según Arias (2006): expresa que “la población es un conjunto de componentes con propiedades ordinarias para los cuales serán detalladas en las conclusiones de la investigación. Quedando demarcada por el problema y por los objetivos del proyecto de investigación”. (pág. 81)

Por lo tanto, la población para el presente proyecto consistirá de 40 briquetas de asfalto.

La muestra según **Tamayo y Tamayo** (2006): “es el cumulo de procedimientos que se lleva a cabo para analizar la distribución de determinados elementos dentro de una grupo o colectivo iniciando de la observación de una porción de la población estimada”. (par. 5)

Por lo expuesto, la muestra para el presente estudio consiste en 15 briquetas de asfalto convencional y 15 muestras de asfalto modificado para determinar el módulo resiliente de la mezcla bituminosa por tensión indirecta y 2 briquetas asfalto modificado con polímeros para el ensayo de la Prueba de Hamburgo.

El Muestreo según **Arias** (2006): “es un procedimiento en el cual se averigua la la posibilidad de que cada componente de integrar la muestra”. (pág. 83).

En esta investigación no se cuenta con el muestreo.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La técnica de recolección de datos está definida por **Hurtado** (2007): “son métodos o formas empleados por el investigador para la captación de la información, puede clasificarse con reportaje, observaciones, sondeos, entre otras”. (par. 4)

En esta investigación se realizará la técnica de datos, los cuales se obtendrán de los estudios realizados anteriormente a la pista de aterrizaje y de cada una de las pruebas realizadas en laboratorio de las mezclas asfálticas tradicionales y las modificada con polímeros.

El instrumento de recolección de datos explicado por **Tamayo** (2007): “el instrumento se define como cualquier recurso o serie de componente que el investigador obtiene con el propósito de almacenar información”. (par. 2)

Entonces, para este proyecto de investigación se tendrá como instrumento de recolección usar las fichas o reportes de los ensayos en laboratorios los cuales tendrán un mayor detalle de las mezclas analizadas.

3.5 Procedimientos.

Para **Hurtado** (2007):” El investigador detalla paso a paso, las fases que lleva a cabo, con el fin de comprobar que la técnica utilizada cumplió con los requerimientos”. (par. 2)

En base a lo mencionado, para alcanzar los objetivos del proyecto de investigación se cumplirá las siguientes etapas:

Etapla preliminar: en esta etapa se selección del tema del proyecto y las asesorías básicas del asesor. Luego se establece del objeto del estudio, y se realiza la revisión inicial de documentos de estudio realizados anteriormente a la pista de aterrizaje, así como observaciones in situ de las fallas o deficiencias de la pista de aterrizaje del Aeropuertos de Ayacucho.

En la fase inicial: Se elabora el proyecto de la investigación, para lo cual se profundizo en la revisión bibliográfica de proyectos de tesis afines a mi tema de investigación, la averiguación de ensayo y selección de las herramientas para la captación de los datos para el estudio a realizar.

En la fase de aplicación: En esta etapa de describe el procedimiento y elección de los materiales del estudio para los diferentes ensayos en laboratorio.

A partir de los resultados, tablas y comparaciones de las mezcla convencional y modificada con polímeros, obtenidos en los ensayos de laboratorio se procedió a analizarlos y discutir con las tesis de ayuda considerados en la revisión de los antecedentes nacionales e internacionales.

Finalmente, Se procedió a dar algunas conclusiones y recomendaciones respecto a la investigación de este proyecto.

3.6 Método de análisis de datos.

Para el presente proyecto los métodos de análisis son:

- Inspección visual de la zona de estudio, mediante el cual se determina la situación actual del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.
- Para las pruebas en laboratorios y para efectos de comparación se tomará en cuenta la recomendación de la Administración Federal de Aviación (FAA), la circular AC 150/5370-10E “Especificaciones estándar para la construcción de aeropuertos”. Y las normas de diseño para carreteras establecidos Manual de carreteras (EG-2013 MTC –Perú), así como las normas AASHTO.

3.7 Aspectos éticos.

Para el desarrollo del proyecto de tesis se debe tener en consideración los siguientes principios éticos:

Con respecto a la autenticidad, el trabajo de investigación se encuentra regido bajo las normativas de Manual de carreteras (EG-2013 MTC –Perú), Administración Federal de Aviación – FAA y AASHTO, entre otras.

Con respecto a la veracidad, los valores obtenidos de los resultados del análisis en laboratorio serán evidenciados mediante fotografías, fichas y guías de laboratorio firmado por una autoridad competente.

Con respecto a la autonomía, la autora empleará sus propias opiniones, criterios e interpretación de los datos teniendo como base a los antecedentes mencionados en el marco teórico.

Y, por último, con respecto al compromiso y la responsabilidad, la autora asumirá todas las responsabilidades de esta investigación y se comprometerá a cumplir con todo lo estipulado en el procedimiento de la investigación.

IV. RESULTADOS DEL PROYECTO.

4.1 Descripción de la zona de proyecto.

4.1.1 Situación geográfica y estado actual.

El Aeropuerto de Ayacucho, está ubicado aproximadamente a 2.5 Km. al noreste de la capital de Ayacucho, en el distrito Tambillo, provincia Huamanga y departamento de Ayacucho.

Las coordenadas geográficas son: Longitud 74°12'16"W y Latitud 13° 09'17"S.

La elevación es de 2743 m.s.n.m. (9000 pies).

El estado actual del Aeropuerto de Ayacucho denominado Coronel FAP Alfredo Mendivil Duarte, presenta las siguientes características:

Cuadro N° 1: Características del Aeropuerto de Ayacucho

DESCRIPCIÓN		CARACTERISTICAS
Número de Designación		02 - 20
Sentido de Despegue		02/20
Sentido de Aterrizaje		20/02
Coordenadas Geográficas	Umbral de Pista 02	74°12' 33.7" W - 13°09'59.1" S
	Umbral de Pista 20	74°11' 58.2" W - 13°08'35.2" S
Dimensiones	Pista Principal	2800 m x 45 m
	Calle de Rodaje de salida	102.5 m x 23 m
	Plataforma de Aeronaves	100 m x 200 m
Superficie de Rodadura		A nivel de asfalto en caliente
Pendiente longitudinal (Promedio)		km. 0+000 - km. 0+500: 0.56%
		km. 0+500 - km. 2+040: 0.75%
		km. 2+040 - km. 2+800: 0.29%
Resistencia del Pavimento		PCN 21/F/B/X/T

Fuente: Realización Propia

4.1.2 Condiciones climáticas.

Luego de la recopilación, evaluación, procesamiento y análisis de los resúmenes horarios, diarios y mensuales de la información obtenida de la estación meteorológica de CORPAC de Ayacucho, las cuales corresponden a observaciones meteorológicas realizadas solo entre las 06:00 y 18:00 horas locales, se ha determinado que la zona donde se ubica el aeropuerto, cuenta con las siguientes características meteorológicas:

A. Dirección y velocidad del viento.

- **Dirección del viento:** Las direcciones de los vientos que prevalecen diariamente son variables, encontrándose mayor frecuencia en las que provienen del NE y N, determinándose asimismo la predominancia mensual siguiente:

Cuadro N° 2: Dirección del Viento Prevaleciente

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
NE	NE	NE	NE/NW	NE	NE
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NE	NE	NE	NE	NE	NE

Dónde: NE= 020° - 050° y NW= 300° - 350°

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC - AYP

- **Velocidad del viento:** El promedio mensual de velocidades de vientos podemos ver que son bastante bajos, fluctuando entre 2.0 y 3.8 Nudos, donde los valores más altos se dan de setiembre a diciembre, tal como puede verse a continuación:

Cuadro N° 3: Promedio Mensual de Velocidad del Viento (nudos)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
2.45	2.65	2.50	2.20	2.20	2.17
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2.13	2.66	3.37	3.75	3.45	3.17

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC - AYP

En lo referente a los Velocidades extremas, estos suelen presentarse en algunos casos de 4.8 y 4.9 Nudos y acompañados en ciertas ocasiones de Tempestad Eléctrica y Lluvia.

B. Visibilidad.

De acuerdo a la información obtenida se aprecia que las condiciones de visibilidad son buenas en este lugar y si ocurrieran casos de visibilidad reducida se presentarían ocasionalmente entre los primeros meses del año (enero – marzo) alcanzando valores de no menos de 2000 metros y mayormente durante las primeras horas de la mañana.

C. Temperatura del Aire.

En cuanto al promedio mensual de temperatura podemos ver que existe aproximadamente 5°C de diferencia entre las temperaturas más altas y las más bajas, como se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 4: Promedio Mensual de Temperatura (°C)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
17.83	17.70	17.67	17.97	17.33	17.05
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
16.75	18.21	19.48	20.88	20.95	18.90

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC.

Aquí se puede apreciar que los valores más alto se generan entre octubre a diciembre con 20°C aproximadamente y el más bajo en Julio con 16.75°C. En general es un comportamiento estable dado que los datos corresponden sólo a horas del día.

D. Temperatura Máxima

Los valores de temperatura máxima del día utilizados en este caso, han sido obtenidos de las observaciones meteorológicas horarias, encontrando que los valores más altos los meses de octubre y noviembre con 26.7 °C y 27.1°C respectivamente.

En lo referente a promedios mensuales de temperaturas máximas, éstos muestran una distribución similar, tal como indica el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5: Promedio Mensual de Temperatura Máxima (°C)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
23.83	23.47	25.53	23.93	24.00	23.50
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
23.28	24.80	25.45	26.78	27.13	24.65

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC.

E. Temperatura de Referencia

De acuerdo al cuadro anterior podemos determinar la temperatura de referencia para el Aeropuerto de Ayacucho es de 24.85°C.

F. Temperatura Mínima

En cuanto a los valores absolutos mínimos de temperatura mínima del día, los valores más bajos que se presentan con mayor frecuencia están entre 7°C y 9°C dándose mayormente entre mayo y agosto. Respecto a los promedios mensuales de temperatura mínima del día se observa un comportamiento similar a lo expresado en el párrafo anterior, tal como puede apreciarse a continuación:

Cuadro N° 6: Promedio Mensual de Temperatura Mínima (°C)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
11.17	11.47	11.47	10.67	8.77	7.95
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
7.45	8.78	10.33	11.48	11.75	12.08

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC.

G. Temperatura de Rocío

Los promedios diarios y mensuales de la temperatura de rocío presentan una distribución semejante a la temperatura del aire, por supuesto que sus valores son menores, pero su fluctuación es idéntica puesto que las temperaturas más altas se dan en los primeros y últimos meses del año y los más bajos entre mayo y agosto, lo que puede verse en los siguientes datos:

Cuadro N° 7: Promedio Temperatura de Roció (°C)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
10.93	11.60	11.63	10.90	8.17	6.45
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
6.30	6.84	8.60	9.18	9.65	10.40

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC.

H. Humedad Relativa.

Los promedios mensuales de humedad relativa presentan también un comportamiento similar a las temperaturas, esto es que de enero a Julio los valores van disminuyendo y de agosto a diciembre se mantienen estables, así tenemos:

Cuadro N° 8: Promedio Humedad Relativa (%)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
58.33	59.67	69.00	62.33	49.67	49.25
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
50.50	51.75	50.00	50.25	48.00	53.00

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC.

I. Precipitación.

Los valores diarios de precipitación son variables y entre ellos podemos ver que los máximos valores diarios llegan a los 100.0 milímetros en promedio, entre los meses enero a abril y Setiembre a diciembre denominados meses húmedos y los meses cálidos entre mayo a agosto llegando a los 14 milímetros en promedio, tal como puede apreciarse a continuación:

Cuadro N° 9: Promedio Cantidad Total de Precipitación (mm)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
168.97	155.43	146.50	48.20	23.55	0.75
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
9.53	4.40	33.55	42.58	62.20	126.63

Fuente: Estación meteorológicas de CORPAC.

J. Tempestad Eléctrica

Dentro de la información obtenida, en la zona existe la probabilidad, que estas se presenten durante el período lluvioso de octubre a diciembre y de enero a abril.

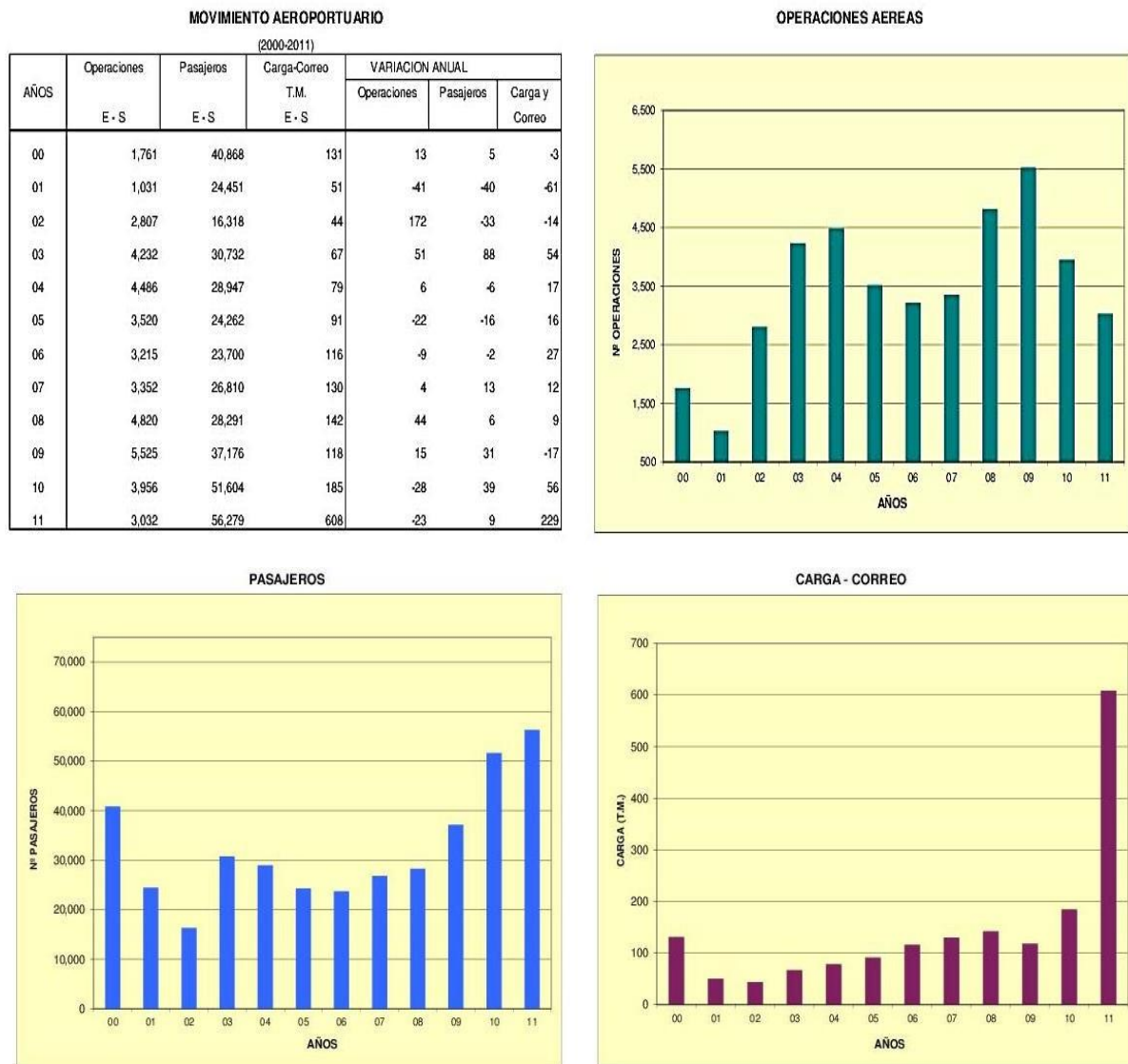
Realizado el procesamiento de la información obtenida, se logra una precipitación promedio anual de 822.88 mm aprox.; con la que se puede definir la existencia de tres períodos durante el año, uno lluvioso con (597.53 mm aprox.) 72% de la precipitación anual (dic., Ene., Feb. y Mar.); un período intermedio de (210.08 mm aprox.) 26% de la precipitación anual (abril, mayo, Setiembre, octubre y noviembre) y un período seco con (14.68 mm aprox.) 2% de la precipitación anual (junio, Julio y agosto).

Del procesamiento anteriormente mencionado, se concluye que, de los períodos definidos, los recomendables para realizar los trabajos de mejoramiento son los del período seco e intermedio, es decir durante los meses de abril a noviembre, debiéndose tomar las precauciones necesarias o restringir los trabajos durante los meses de diciembre a marzo por la presencia de las precipitaciones pluviales que limitarían las partidas del proyecto de investigación.

4.1.3 Condiciones de Tráfico Aéreo.

De la información obtenida a través de CORPAC S.A, a continuación, se muestran la evolución del movimiento del tráfico para operaciones, pasajeros y carga:

Cuadro N° 10: Movimiento del Trafico para operaciones, pasajeros y carga



Fuente: CORPAC.

Asimismo, el concesionario nos brindó información a través de su Planes Maestros efectuados por un Consultor de la OACI, por encargo de la DGAC y PROINVERSIÓN se efectuó una proyección de la demanda del tráfico aéreo y el cual sirvió de sustento para los Proyectos Referenciales del Segundo Grupo de Aeropuertos de Provincia, estas proyecciones se muestran a continuación:

Cuadro N° 11: Pronostico del trafico anual

Pronóstico de la Actividad Anual para el Aeropuerto Coronel Alfredo Mendivil Duarte de Ayacucho					
Descripción	2006	2010	2015	2020	2025
Pasajeros Nacionales Regulares	21,206	24,180	30,190	36,730	44,690
Pasajeros Nacionales No Regulares	2,395	2,696	3,125	3,623	4,200
Carga Aérea (Kg)	116,026	138,360	172,420	214,870	267,770
Operaciones de Aeronaves	3,226	3,379	3,701	4,200	4,839
Vuelos Regulares	1,677	1,654	1,725	1,933	2,235
Vuelos No Regulares	1,395	1,570	1,820	2,110	2,446
Aviación General	4	5	6	7	8
Operación militar	150	150	150	150	150

Fuente: Realización Propia

El tipo de aeronaves y la tasa de crecimiento anual previsto en el cuadro siguiente se muestra la flota adoptada.

Cuadro N° 12: Tipo de Aeronave y operaciones anuales

Aeronave	Operaciones	Crecimiento Anual Previsto
Aviación General	416	2.5%
Antonov 24/32	416	1.0%
Dash 8	832	5.0%
Bae 146	730	5.0%
Airbus 319	312	2.0%
Boeing 737	312	2.0%

Fuente: Realización Propia

4.2 Descripción de la cantera propuesta.

Para este proyecto de investigación se tomará en cuenta la propuesta de la Cantera de Compañía, esto debido principalmente a la calidad de sus materiales y a su cercanía al Aeropuerto.

4.2.1 Cantera Compañía.

- **Ubicación:**

Se encuentra a una distancia de 24.5 Km del Aeropuerto de Ayacucho, en la margen izquierda del río "Chillico", a la altura de la desembocadura en el río Cachi por la vía Ayacucho, hasta el desvío a Acobamba y finalmente ingresar por una trocha afirmada a la altura del Centro Poblado Simpapata.

- **Accesibilidad:**

El área de extracción de material integral autorizado, se extiende 1 Km aguas arriba en el río Cachi, desde la desembocadura del río Chillico, esta área se encuentra en la jurisdicción del Distrito de San José de Ticllas.

- **Explotación:**

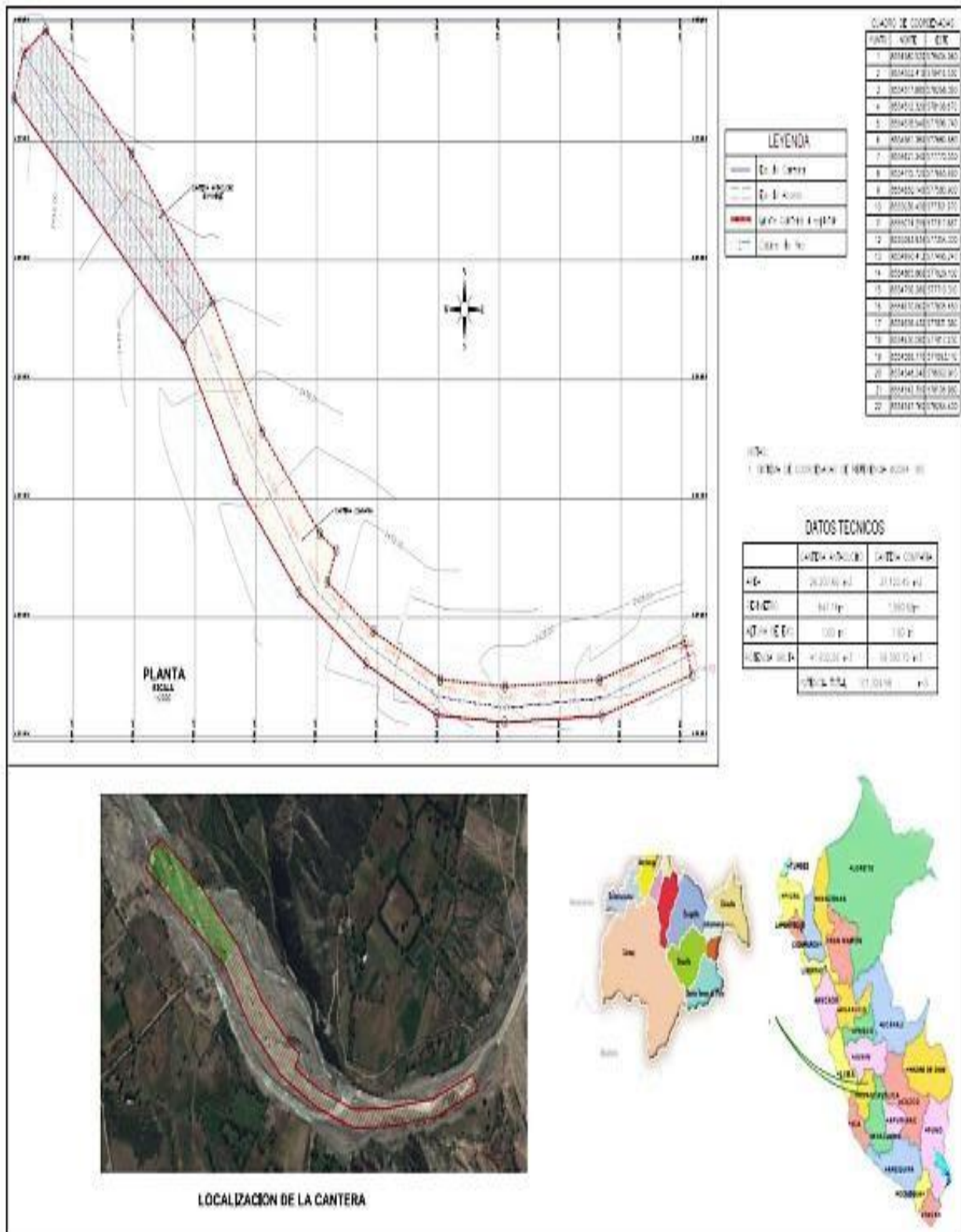
La zona evaluada se encuentra en la zona de Antacucho y Antabamba en Ayacucho y Huancavelica respectivamente, en la zona autorizada para la explotación de agregados a favor de la empresa La Moderna. Sin embargo, se ha observado que aguas arriba del río Cachi existen playas y meandros que podrían ser explotados a efectos de obtener los volúmenes requeridos para el proyecto.

- **Potencia:**

Se ha observado que por encima de los 2.0 m de profundidad, el estrato de material aprovechable es similar al superficial, asimismo, se puede apreciar agua a menor altura por estar cerca al cauce. Teniendo en consideración que autorizaciones de explotación permiten una excavación máxima de 1.5 m por debajo del lecho del río y excepcionalmente pueden aprobar hasta 2 m de excavación. También, se debe tener en cuenta hay material copiado que puede ser aprovechado.

Existen un volumen estimado de potencia de: $959 \text{ m} * 27 \text{ m} * 3.5 \text{ m} = 90,625.5 \text{ m}^3 * (0.50) = 45,313 \text{ m}^3$. El requerimiento bruto de Obra es de 20,800 m³.

Grafico N° 3: Ubicación de la Cantera Compañía



Fuente: Realización Propia

4.3 Diseño de mezclas asfálticas.

Para realizar el diseño de las 2 mezclas asfálticas (convencional, modificada con polímeros BETUTEC IC), primero se analizará los agregados gruesos y finos. Para verificar los agregados óptimos para las mezclas, se tomará con referencia las normas FAA y el manual de carreteras EG-2013.

4.3.1 Requerimientos para los agregados pétreos

4.3.1.1 FAA (Federal Aviation Administration).

Los requerimientos mínimos a cumplir para los agregados pétreos, se encuentran en la circular AC 150/5370 – 10E y se muestra a continuación:

Cuadro N° 13:Requirimiento de calidad para los agregados gruesos y finos

REQUERIMIENTOS DE LOS ÁRIDOS			
Característica		Norma ASTM	P-401 (NE-I)
ÁRIDO GRUESO (RETENIDO POR TAMIZ N° 4 ASTM)			
Resistencia a la abrasión (Los Angeles)	Rodadura	C131	≤ 40 %
	Intermedia		No aplica
	Base		No aplica
Durabilidad (*)	Sulfato de sodio	C88	≤ 12 %
	Sulfato magnesio.5 ciclos		≤ 18 %
Arcillas en Terrones y Partículas Friables		C142	≤ 1%
Caras de Fractura	Partículas con 1 ó más		> 85%
	Partículas con 2 ó más		> 75%
Partículas achatadas y alargadas (*)	Relación 5:1	D471	≤ 8 %
	Relación 3:1		≤ 20%
ÁRIDO FINO (PASA POR TAMIZ N° 4 ASTM)			
Plasticidad	Índice de Plasticidad	D4318	≤ 6
	Límite Líquido		≤ 25
Durabilidad (*)	Sulfato de sodio	C88	≤ 10 %
	Sulfato magnesio.5 ciclos		≤ 15 %
Arcillas en Terrones y Partículas Friables		C142	≤ 1%
Arena Natural			≤ 15 %
Equivalente de arena		D2419	≥ 45%

Fuente: Circular AC 150/5370 – 10E – FAA

4.3.1.2 Manual de Carreteras (EG – 2013)

Los requisitos mínimos que debe cumplir los agregados, se encuentran en la tabla 423-1 y tabla 423-2, sección 423: “Pavimento de concreto asfáltico en caliente” (pág. 560), se muestra a continuación:

Cuadro N° 14: Requerimiento de calidad para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de Carreteras

Cuadro N° 15: Requerimiento de calidad para los agregados finos

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

Fuente: Manual de Carreteras.

En el próximo cuadro se mostrarán los resultados de los ensayos a las características del agregado grueso y finos a la cantera Compañía: (Para mayor detalle ver Anexo)

Cuadro N° 16: Características de los agregados estudiados para la MAC

ENSAYOS	NORMA	PARAMETROS EG - 2013		CANTERAS
		MIN	MÁX	Cantera Acaray - Compañía
AGREGADO GRUESO				
Abrasión Los Angeles	MTC E 207		40/35%	17%
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	85/90%		88.70%
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	50/70%		76.60%
Durabilidad sulfato de magnesio	MTC E 209		18/15%	5.90%
Absorción	MTC E 206		1.00%	1.10%
Partículas chatas y alargadas	MTC E 211		1.00%	2.40%
AGREGADO FINO				
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30/40%		48.50%
Equivalente de arena	MTC E 114	60/70%		63%
Absorción	MTC E 206		0.50%	0.65%
Azul de metileno	AASHTO TP57		8	14
Durabilidad sulfato de magnesio	MTC E 209		18%	14.40%

Fuente: Realización Propia

Del cuadro podemos concluir:

- **Ensayo de Azul de Metileno:** En la norma AASHTO TP57 exige un valor máximo para este ensayo de 8, el agregado de la cantera Compañía, como se observan en el cuadro anterior no cumplen.
- **Ensayo de Absorción de agregado grueso:** Según el cuadro, la cantera Compañía tiene un comportamiento aceptable al test de absorción, el valor de absorción encontrado para Compañía es de 1.1% > 1.0% (valor máximo permitido por las especificaciones MTC E 206).
- **Ensayo de Absorción de agregado fino:** Según el cuadro, la cantera Compañía tiene un comportamiento aceptable al test de absorción, el valor de absorción encontrado para Compañía es de 0.65% > 0.5% (valor máximo permitido por las especificaciones MTC E 206).

Concluimos, que después de describir y evaluar las propiedades de la Cantera Compañía, si bien no cumplen en las pruebas de absorción, podemos convivir con esta deficiencia de calidad del agregado, ya que es mínimo el error.

Sin dejar de mencionar las deficiencias en el ensayo de azul metileno y ensayo de absorción, para mejorar esta deficiencia, será necesario el uso de aditivo mejoradores de adherencia, para los cual empleará el ensayo de TSR (AASHTO T 283).

Nota: Las especificaciones EG – 2013 (Sección 423), expresa que “se aceptan porcentajes mayores de absorción para los agregados finos y gruesos, solo en caso que garanticen las propiedades de físicas y funcionales de la mezcla asfáltica”. (pág. 563). Es decir que, si empleamos aditivos mejoradores de adherencia, para garantizar que el ligante asfáltico absorbido por la porosidad de los agregados, se adhiera pasivamente a la superficie pétreo y evite deficiencias de cohesión en la mezcla.

4.3.2 Composición granulométrica.

4.3.2.1 Gradación FAA.

La gradación de la curva granulométrica y la dosificación de asfalto a cumplir para la MAC según la AC 150/5370-10G, es la que se muestra a continuación:

Cuadro N° 17: Agregado - HMA pavimento

Sieve Size	Percentage by weight passing sieves		
	Gradation 1	Gradation 2	Gradation 3
1 inch (25 mm)	100	—	—
3/4 inch (19 mm)	76-98	100	—
1/2 inch (12 mm)	66-86	79-99	100
3/8 inch (9 mm)	57-77	68-88	79-99
N° 4 (4.75 mm)	40-60	48-68	58-78
N° 8 (2.36 mm)	26-46	33-53	39-59
N° 16 (1.18 mm)	17-37	20-40	26-46
N° 30 (0.600 mm)	11-27	14-30	19-35
N° 50 (0.300 mm)	7-19	9-21	12-24
N° 100 (0.150 mm)	6-16	6-16	7-17
N° 200 (0.075 mm)	3-6	3-6	3-6
Asphalt percent:			
Stone or gravel	4.5-7.0	5.0-7.5	5.5-8.0
Slag	5.0-7.5	6.5-9.5	7.0-10.5

Fuente: Circular AC 150/5370-10G.

4.3.2.2 Gradación EG – 2013.

La gradación de los agregados para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente deberá adecuarse a algunas de las siguientes características, el material de la mezcla debe estar libre de masas compactas y pequeños cúmulos de material y se admitirá como máximo el 1% de partículas deleznable (material desmenuzante con facilidad en los agregados), según ensayo MTC E212. La mezcla deberá responder a algunos de los husos granulométricos como se visualiza en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 18: Agregado - MAC pavimento -EG 2013

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

Fuente: Manual de Carreteras del Perú.

La composición granulométrica de la Cantera Compañía, presentan curvas granulométricas con tendencia al ramo grueso de la especificación (gradación 2). y se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Cuadro N° 19: Composición granulométrica utilizada

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Granulometria N°2	%Pasa Compañía
3/4"	19	100	100
1/2"	12.5	79-99	90.2
3/8"	9.5	68-88	78.3
N°4	4.75	48-68	52
N°8	2.36	33-53	36.5
N°16	1.18	20-40	24.5
N°30	0.6	14-30	16.1
N°50	0.3	9-21	10.5
N°100	0.15	6-16	6.7
N°200	0.075	3-6	4.5

Fuente: Realización Propia

Además, vemos que los parámetros entre la FAA y la EG - 2013 son mínimos en la mayoría de tablas presentadas en este proyecto de investigación.

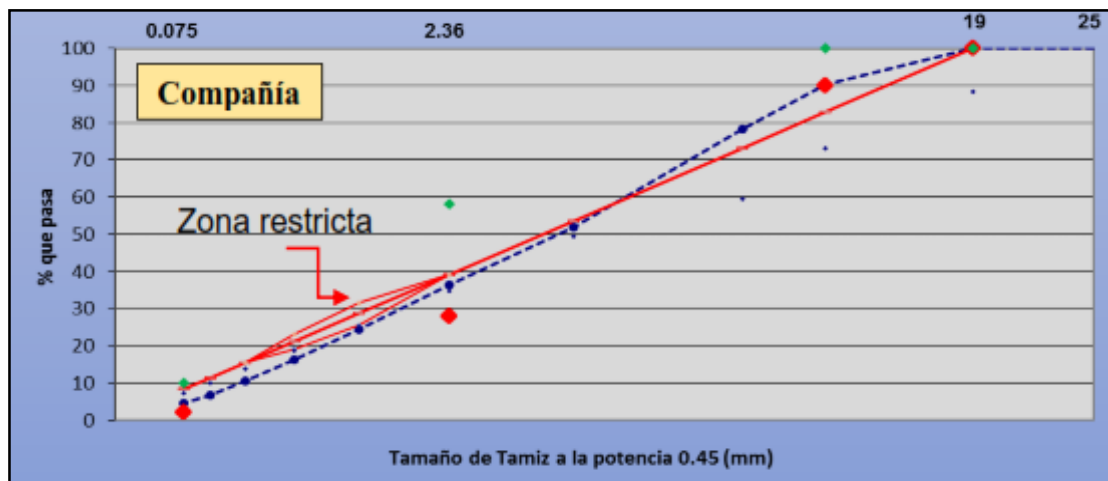
Desde mi punto de vista, para optimizar el comportamiento reológico de la MAC y garantizar la vida útil de 20 años. Se propone una alineación a la gradación de la curva granulométrica al centro del huso específico por la AC 150/5370-10G (gradación 2). Con esta consideración, se obtendrán en parámetros Marshall (contenido de vacíos, densidad, estabilidad, flujo relación polvo asfalto) en el valor promedio específico y los mínimos recomendados, mayores valores de Módulos Resilientes o Dinámicos, aumento de la Resistencia a la Fatiga, así como mayores porcentajes de TSR. Es decir, en servicio tendremos mejores parámetros de desempeño.

4.3.2.3 Gradación Superpave

Se ha realizado una validación de la gradación FAA especificada para la MAC empleando la metodología SUPERPAVE, en lo que corresponde a la granulometría de los agregados.

En los gráficos siguiente se presenta las curvas granulométricas FAA para la cantera Compañía validadas con el huso especificado (tamiz elevado a 0.45) SUPERPAVE, en donde se aprecia que la curva pasa por debajo de la “zona restringida”. (limitada).

Grafico N° 4: Línea máxima del material - Cantera Compañía



Fuente: Realización Propia

4.3.2.3.1 Fundamento del criterio SUPERPAVE.

Superpave, utiliza la zona restringida (ZR) para prevenir mezclas con alto contenido de arenas finas, con respecto a la totalidad de arena en la mezcla, y también para evitar continuar con la línea de exponente 0.45, las cuales habitualmente carecen de una apropiada cantidad de VAM. En muchos casos, la ZR limitara el empleo de las arenas finas comunes en la mezcla del agregado, promoviendo el uso de arenas limpias, procedentes del “chancado”

La estructura del agregado proyectada con Superpave, asegura que el agregado desarrolle una “estructura granular fuerte”, la cual mejora su capacidad física de la deformación permanente, al mismo tiempo que admite un volumen adecuados de vacíos, garantizando las características físicas y funcionales de la MAC.

Del grafico concluimos que, la curva granulométrica del agregado de la cantera Compañía, pasan por debajo de la “zona restricta” de Superpave, lo que significa mezcla asfáltica resistente a las deformaciones permanentes, contribuye al mejor desempeño de la MAC en termino de vida útil.

4.4 Mezcla asfáltica en caliente convencional.

Este tipo de mezcla asfáltica, compuesta por ligante asfáltico tipo CAP 85/100, agregado pétreos, filler mineral y aditivos, debidamente procesados en una planta fija o móvil.

4.4.1 Cemento asfáltico de petróleo (PEN).

El cemento asfáltico producido para las mezclas asfáltica en caliente serán divididos por viscosidad absoluta o por penetración. El empleo del cemento asfáltico dependerá las características climáticas del área de estudio. Según la tabla 415-1 (EG-2013):

Cuadro N° 20: Selección del tipo de Cemento Asfáltico


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

Fuente: Manual de Carreteras –EG - 2013

4.4.1.1 Selección por penetración:

El cemento asfáltico de petróleo a emplearse será del tipo PEN 85/100, debido al clima y temperatura de la zona del proyecto. Ya que la temperatura promedio anual de Ayacucho es de 11.4°C. A continuación, se presenta las características del CAP 85/100:

Cuadro N° 21: Características del cemento asfáltico tipo 85/100

REFINERÍA LA PAMPILLA		RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE CERTIFICACIÓN
REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO		10/10/2019 11:30	11/10/2019 17:44
PRODUCTO: cemento asfáltico 85/100		TANQUE	DESTINO DEL PRODUCTO
PROCEDENCIA: Almacenamiento		331A	Operaciones de Despacho
PROPIEDADES		VOLUMEN CERTIFICADO, m3	BUQUETANQUE
PENETRACIÓN		METODOS	RESULTADOS
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 1/10 mm		ASTM/OTROS	
DUCTILIDAD			
Ductilidad a25°C, 5cm/min,cm		D113/AASHTO T51	121.4
VOLATIBILIDAD			
Gravedad Específica a 15°C		D70/AASHTO T 228	1.0155
Punto de inflamación, °C		D92/AASHTO T 48	272.0
Gravedad API		D70/AASHTO T 228	7.8
FLUIDEZ			
Punto de Ablandamiento, °C		D36	47.3
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt		D445	1918
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt		D2170/AASHTO T 201	259
ENSAYOS DE PELICULA FINA			
Perdida por calentamiento, %m		D1754/AASHTO T 179	0.12
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original		D5/AASHTO T 49	59.3
Ductilidad del residuo a25°C, 5cm/min,cm		D113/AASHTO T51	75.0
SOLUBILIDAD			
Solubilidad en tricloroetileno, % m		D2042/AASHTO T44	99.52
OTROS			
índice de Penetración		UNE 104-281/1-5	-0.3
Ensayo de la Mancha Spot Test		ASHTO T 102	35% xileno, negativo
OBSERVACIONES:			
DISTRIBUCIÓN: Original: Operaciones de despacho Copia 1: Movimiento de Productos Copia 2: Laboratorio		FECHA EMISIÓN: 18/10/2019	LABORATORIO:  PEDRO RAMOS M. Jefe Laboratorio

Fuente: Refinería la pampilla

Según las características de la muestra, la selección de Superpave de cemento asfáltico convencional es un PEN 85/100 que corresponde a un performance graded. PG 58-28.

Un asfalto PG 58-28, se quiere decir que la temperatura máxima de diseño del pavimento sea de 58°C y la mínima de -28°C. Las temperaturas un proyecto en particular se calculan mediante un algoritmo definido por Superpave y que usa los datos climatológicos de la zona donde se ubica el área estudiada.

Por experiencia los asfaltos convencionales, es decir aquellos asfaltos que no lleven polímeros, arrojan Grados de Performance de PG 52-28,58-28,64-22.

4.4.1.2 Aditivo Mejorador de Adherencia.

De acuerdo a las propiedades del agregado encontrado en la cantera analizada, y dado que estos no cumplen con el ensayo de azul de metileno, es necesario la utilización de aditivos mejoradores de adherencia de base tipo amina, para asegurar el grado de afinidad necesaria entre ligante- agregado. La adhesividad/afinidad requerida, será evaluada mediante la Resistencia Conservada en la prueba de Tracción Indirecta (TSR).

Estoy proponiendo usar un aditivo llamado BETUTEC IC (mejorador de adherencia), ya que, al incluir este polímero a los asfaltos convencionales, ayuda a tener un mejor comportamiento hacia los agentes atmosféricos. Además, tiene una mejor adherencia con los agregados, una mayor resistencia a la fatiga y alta resistencia a la deformación permanente, permitiendo tener una mejor cohesión del pavimento durante periodos largos.

4.4.2 Requerimientos de calidad para la MAC (p-401).

4.4.2.1 FAA (Federal Aviation Administration).

Los requerimientos mínimos a cumplir para MAC, se encuentran recogidos de la FAA, en la circular AC 150/5370 – 10E que se visualizan a continuación:

Cuadro N° 22: Requerimiento de calidad para la MAC (P-401) -FAA

REQUERIMIENTOS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS		
Característica	Norma ASTM	P-401(NE-I)
Golpes por cara (N°)		75
Estabilidad Marshall	lbs	>2150
	Newtons	>9650
Fluencia Marshall (objetivo)	0.01 in	Oct-16
	mm	2.5-4
Vacios en mezcla (%) (objetivo)		3.5
Vacios en áridos		>15%
Ratios de resistencia a tracción (TSR)	D4867	75%
Contenido de cemento asfáltico (%)		5.0-7.5

Fuente: Circular AC 150/5370 – 10E – FAA

4.4.2.2 Especificaciones Generales para Construcción (EG – 2013)

Las propiedades de calidad de la MAC, deben estar de acuerdo con los requerimientos para mezclas asfálticas como se observa a continuación:

Cuadro N° 23: Requerimiento de calidad para la MAC -EG2013

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

Fuente: Manual de Carreteras –EG - 2013

Es oportuno, relevar la importancia del ensayo de TSR, como un ensayo de desempeño, ya que consiste en evaluar fuerza a la tracción de testigos de las mezclas asfálticas convencionales y modificadas con polímeros, lo cual simula las condiciones críticas del pavimento en servicio. Si la relación de estos valores de resistencia de la MAC, seco/saturado es mayor a 75% (según la FAA), el grado adecuado de performance de la mezcla está garantizada.

4.5 Ensayos con la MAC convencional.

Seguidamente, se muestra los valores de las pruebas realizados a la MAC convencional con agregados de la Cantera Compañía.

4.5.1 Ensayos convencionales – Cantera Compañía.

En este tipo de ensayos convencionales, he tomado con ensayo principal al **ensayo de Marshall**, se ha tomado briquetas con cinco contenidos de asfalto diferentes (5.0,5.50,6.0.6.50,7.0) para determinar la capacidad óptima del asfalto en la mezcla convencional, se muestra a continuación los resultados: ver anexo para mayor detalle.

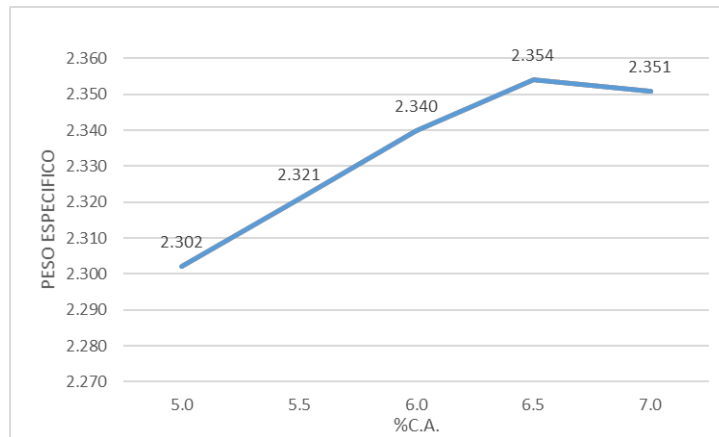
Cuadro N° 24: Cemento asfáltico convencional - mezcla total (%)

% CEMENTO DE ASFALTICO	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/CA.	V.M.A	FLUENCIA O FLUJO
5.0	2.302	1397	6.0	67.3	18.4	2.62
5.5	2.321	1401	4.5	75.2	18.2	2.96
6.0	2.340	1358	2.9	83.7	18.0	3.56
6.5	2.354	1300	1.4	92.4	17.9	3.89
7.0	2.351	1248	0.9	95.2	18.5	4.23

Fuente: Realización Propia

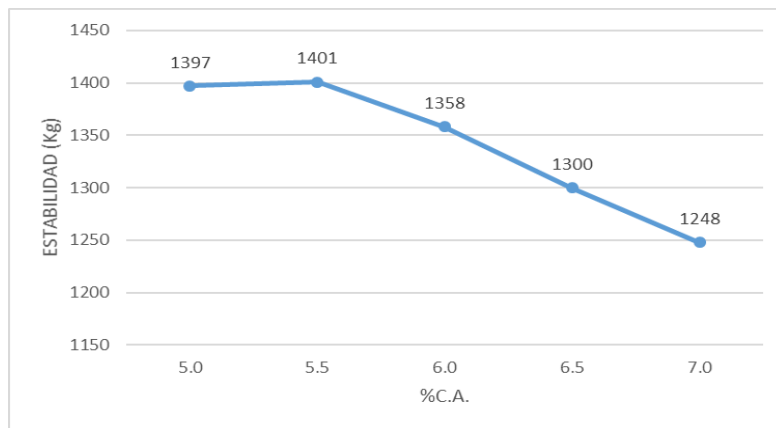
Los resultados de los parámetros de Marshall se representan en gráficos para los valores de densidad, estabilidad, vacíos de aire, vacíos de agregado mineral, se muestran a continuación:

Grafico N° 5: Cuadro de densidad



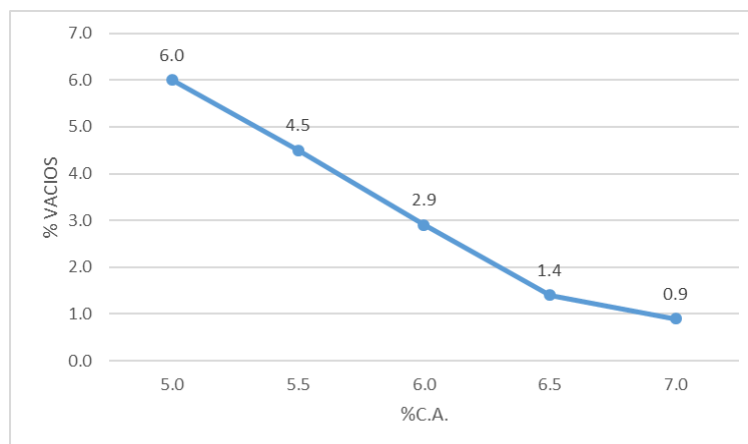
Fuente: Realización Propia

Grafico N° 6: Cuadro de Estabilidad



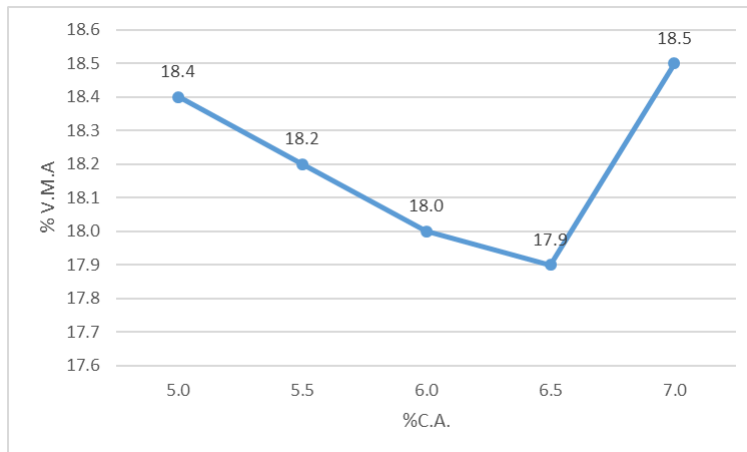
Fuente: Realización Propia

Grafico N° 7: Cuadro de Vacíos de Aire



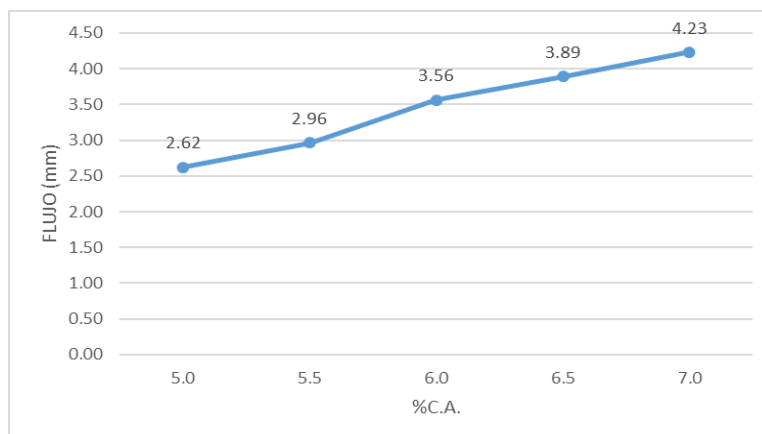
Fuente: Realización Propia

Grafico N° 8: Cuadro de Vacíos en agregado mineral



Fuente: Realización Propia

Grafico N° 9: Cuadro de flujo (mm)



Fuente: Realización Propia

Cuadro N° 25: Cuadro de resumen del Contenido de asfalto

% CEMENTO DE ASFALTICO	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/CA.	V.M.A	FLUENCIA O FLUJO	ESTABILIDAD/ FLUJO
5.6	2.326	1395	4.2	76.7	18.2	3.1	4527
5.8	2.334	1379	3.5	80.5	18.1	3.3	4281
6.0	2.342	1359	2.9	84.2	18.0	3.5	4035

Fuente: Realización Propia

Prosiguiendo, se muestra los valores obtenidos de las pruebas realizadas a la Mezcla asfáltica convencional, con agregados de la Cantera Compañía. ver anexo para mayor detalle.

Cuadro N° 26: Cuadro de resultados de los Ensayos de Convencionales de la MAC tradicional

ENSAYOS	Requisitos P-2	Unidad	Resultados
			Cantera Compañía
Optimo Contenido de C.A (%)	+/-0.2	%	5.8
Número de Golpes	75		75
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	—	kg/cm ³	2.334
Estabilidad en (Kg) corregida	975.2 min	kg	1379
Flujo (mm)		mm	3.3
Vacios de Aire en mezcla (%)	2.8 -4.2	%	3.5
Vacios en el Agregado Mineral (%)	16 min	%	18.1
Vacios llenados de C.A (%)	—	%	80.5
Inmersión Compresion Resistencia (%)	75% min	%	82.6
Resistencia Conservada en la Prueba de Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	80 min	%	66.7
		Kg/cm	4281

Fuente: Realización Propia

Podemos concluir del cuadro que la mezcla asfáltica convencional en la cantera Compañía cumplen con todos los Parámetros Marshall especificados, sin embargo, en la Prueba de Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción Indirecta (TSR), no cumplen con los valores límites establecidos. Siendo este ensayo el que prevalece como parámetro de susceptibilidad de las mezclas asfálticas a la humedad. A continuación, el valor encontrado:

Cantera “Compañía”: TSR = **66.7%** < 75%

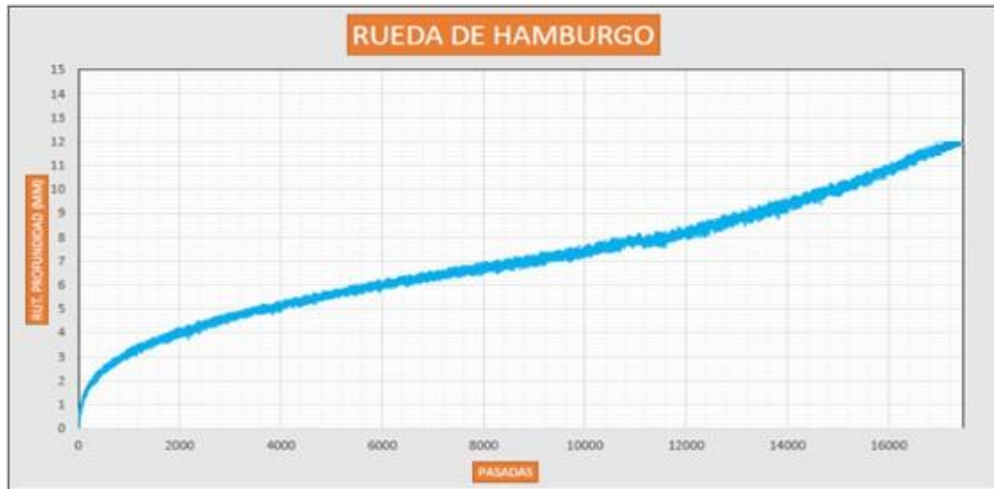
Si bien no cumplen el TSR, la cantera Compañía está más próximo al TSR mínimo especificado.

4.5.2 Ensayos de desempeño.

- **Deformaciones Permanentes:**

Con la MAC Convencional, también se han realizado para la cantera de Compañía, ensayos de Profundidad de ahuellamiento a través de la prueba de Hamburgo tal como se muestra: ver anexo para mayor detalle.

Cuadro N° 27: Cuadro de resultado del ensayo de Prueba de Hamburgo de la MAC convencional



Ensayos	Profundidad máxima	Unidad	Resultados
			Compañía
Prueba Hamburgo (50°C, 2000 pasadas)	12.5	mm	11.93 mm

Fuente: Realización Propia

La prueba de Hamburgo, es un ensayo de desempeño realizado a 50°C y con 20,000 pasadas, que mide el ahuellamiento en milímetros de una muestra de MAC, simulando la deformación permanente (acumulada) que sufre el pavimento con el tráfico de las cargas durante su vida de servicio. Obteniéndose para la cantera Compañía 11.93 mm, por lo que concluimos que, con este valor está al límite, se corre el riesgo para la vida útil de la MAC y el pavimento.

- **Módulo Resiliente (MR).**

La mezcla asfáltica descrita como óptima, será comprobada con la prueba de Módulo Resiliente. La validación será determinada con el ensayo AASHTO TP-31, la temperatura y frecuencia de la carga se definirá por norma. Se logrará compactando las briquetas con 75 golpes por cara.

Las briquetas que se someten a esta prueba, son producidas con una mezcla expuesta al envejecimiento previo en el equipo de RTFO (Rolling Thin Flim Oven), según la norma de ensayo R-30 (ed.2002).

Prosiguiendo, se exponen los valores encontrados en los ensayos de MR para la cantera Compañía, con MAC Convencional: ver anexo para mayor detalle.

Cuadro N° 28: Cuadro de resultados de los ensayos de Módulo de resiliencia de la MAC convencional

MODULO RESILENTE (Mpa) - MAC CONVENCIONAL	
CANTERA COMPAÑÍA	
T 20°C	T 25°C
2251	1382
2214	1374
2202	1363
VALORES MEDIOS DE MODULO DE RESILENTE	
2222	1373

Fuente: Realización Propia

- **Comentarios de los resultados de Modulo Resilente (MAC Convencional)**

El comportamiento reológico de los ligantes asfálticos convencionales para la mezcla elaborada con agregado de la cantera “Compañía”, a temperaturas de 20 y 25°C, se pone de manifiesto a través de valores medios de Modulo de resiliencia, para Cantera Compañía al 20°C es 2,222 MPa y al 25°C 1,373 MPa.

Esto significa que son valores menores al recomendado, por la circular de la FAA, AC 150/5370-10E, que es de 3,500 MPa. Por lo que concluimos, que, debido a su baja capacidad para soportar el número de repeticiones de carga esperado, esto nos conduciría a periodos de vida menores a los deseado.

4.6 Mezcla asfáltica modificada con polímeros (MACp).

Están compuesta por agregados pétreos, finos, gruesos y filler, con ligante asfáltico modificado con polímero, y algunas veces con aditivos, procesados en una planta fija o móvil.

Los requerimientos mínimos para cumplir una MACp, se encuentran recogidos en la circular de la FAA, AC 150/5370 – 10G. y AC 150/5370 – 10H.

4.6.1 Cemento asfáltico modificado con polímeros (PEN).

Dicho cemento modificado, se obtiene a partir del cemento asfáltico convencional del tipo PEN 85/100, incorporándole un polímero a altas temperaturas y previamente, con la finalidad de incrementar sus propiedades reológicas.


Para nuestro diseño, el polímero que se va a utilizar será el polímero, tipo SBS.

4.6.1.1 Polímero SBS:

El polímero SBS, es un modificador de asfaltos que incrementa las propiedades físico – mecánicas de las mezclas asfálticas, ofrece poca deformación permanente (ahuellamientos) aplicada al estirar y recuperar su forma rápidamente cuando se elimina el esfuerzo, excelente comportamiento a bajas temperatura,

A continuación, se presenta el certificado de calidad del ligante asfáltico modificado, cuyo producto es el “BETUTEC IC”

Cuadro N° 29: Certificado de calidad (Características de BETUTEC IC)



TDM ASFALTOS

BETUTEC IC

INFORME DE ENSAYOS N° 031-2018 BETUTEC IC

GUIA TDM ASFALTOS : _____

CLIENTE: CONSORCIO VIAL AYAHUAYLAS

REFERENCIAS

TANQUE: B-29 CINTILLO DE SEGURIDAD N°: _____

LOTE DE PRODUCCIÓN: _____

CANTIDAD: 4 galones


FECHA DE PRODUCCIÓN: 28/03/2018

ENSAYOS	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO	
			MÍNIMO	MÁXIMO		
PENETRACIÓN	5 s, 25°C	D-5	dmm	50	75	57
VISCOSIDAD ABSOLUTA	60°C	D-2171	Pg	5000	∞	69776
VISCOSIDAD CINEMATICA	135°C	D-2170	cSt	∞	3000	1335.0
PUNTO DE INFLAMACIÓN		D-92	°C	232	∞	284
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO		D-2042	%	99	∞	99.75
VISCOSIDAD BROOKFIELD	135 °C	D-4402	cP	∞	∞	1265.0
VISCOSIDAD BROOKFIELD	145 °C	D-4402	cP	∞	∞	807.5
VISCOSIDAD BROOKFIELD	175 °C	D-4402	cP	∞	∞	230.0
RECUPERACION ELASTICA LINEAL	Método A, 10 cm, 25°C	D-6084	%	60	∞	83
RECUPERACION ELASTICA LINEAL	Método A, 10 cm, 5°C	D-6084	%	∞	∞	58
PUNTO DE ABLANDAMIENTO		D-36	°C	60	∞	68.4
PENETRACIÓN	4°C, 200 g, 60 s	D-5	dmm	13	∞	26
SEPARACION, diferencia		D-36	°C	∞	10	1.0

OBSERVACIONES: La muestra de asfalto cumple especificaciones de MTC - EG 2013
No presenta espuma a 163 °C
Se adjunta Hoja de Seguridad del Producto y Hoja Resumen Art. 54 D.S. N°021-2008-MTC

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: 31

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

TDM ASFALTOS S.A.C.

TEO. GUILLERMO VERA
 L.M.A.

Fecha de Emisión : 28 de marzo del 2018

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

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

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

Fuente: TDM asfaltos.

De las características del polímero BETUTEC IC resaltamos el ensayo de penetración cuyo valor es de 57, es menor a la penetración que presenta el CAP convencional 85/100, lo que implica una mayor rigidez del ligante, y por consecuencia también de la MACp.

Por experiencia sabemos que la utilización y aplicación de este polímero en nuestro país es muy variado, ya que su fabricación es nacional (en Lima); y sobre todo tiene excelentes propiedades reológicas, Módulos Resilientes superiores al típico recomendado por la FAA para temperaturas de 20°C y altos valores de Resistencia a la Fatiga (garantía de vida útil).

4.6.1.2 Selección por Superpave:

El cemento asfáltico modificado con polímeros, clasifica como un performance graded, PG 76-28.

Por experiencia se sabe que la adición de polímeros en un asfalto convencional consigue aumentar en todos los casos el grado de PG superior del asfalto, por ejemplo, de un PG 58, podríamos alcanzar mínimo PG 76. Lograr mejores resultados dependerá de la naturaleza y calidad del asfalto, así como el tipo, dosis de polímeros y evidentemente la técnica de modificación.

4.7 Ensayo de la mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros

4.7.1 Ensayos Convencionales.

En este tipo de ensayos convencionales, he tomado con ensayo principal al **ensayo de Marshall**, se ha empleado briquetas con cinco contenidos de asfalto diferentes (5.0,5.50,6.0.6.50,7.0) para determinar la capacidad óptima de asfalto en la mezcla modificada con polímeros, se muestra a continuación los resultados: ver anexo para mayor detalle.

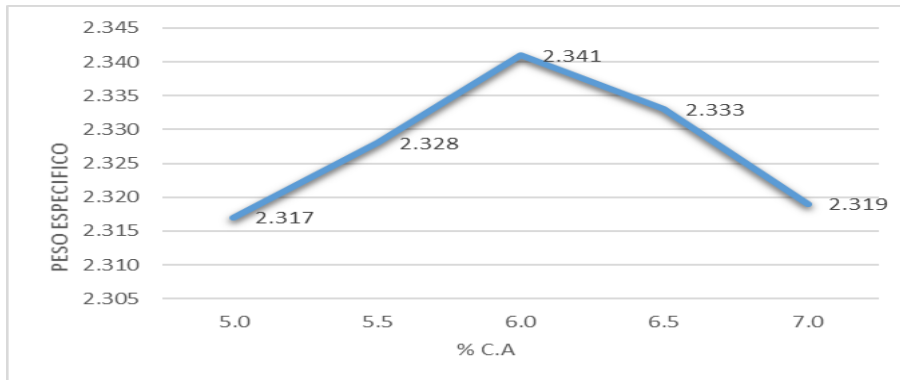
Cuadro N° 30: Cemento asfáltico modificado mezcla total (%)

% CEMENTO DE ASFALTICO	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/CA.	V.M.A	FLUENCIA O FLUJO
5.0	2.317	1418	5.9	66.9	17.9	2.79
5.5	2.328	1550	4.6	74.2	18.0	3.13
6.0	2.341	1621	3.5	80.7	17.9	3.73
6.5	2.333	1682	3.2	83.0	18.7	3.98
7.0	2.319	1462	2.6	86.8	19.6	4.40

Fuente: Realización Propia

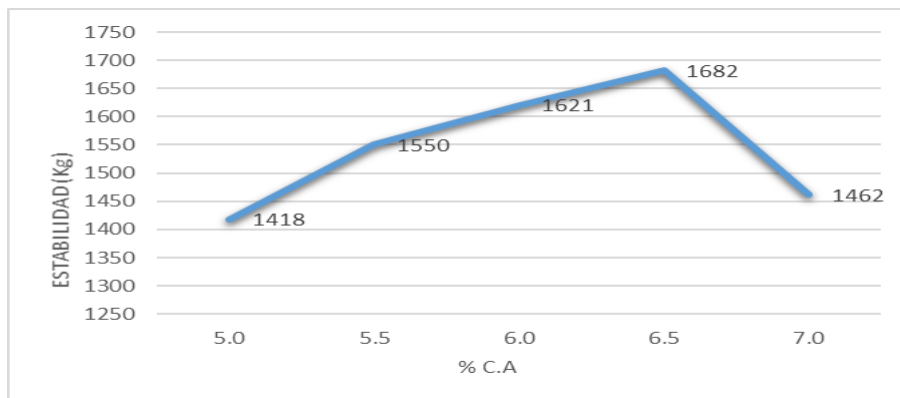
Los valores de los parámetros de Marshall se representan en gráficos para un mayor entendimiento, se muestran a continuación:

Grafico N° 10: Cuadro de densidad - MACp



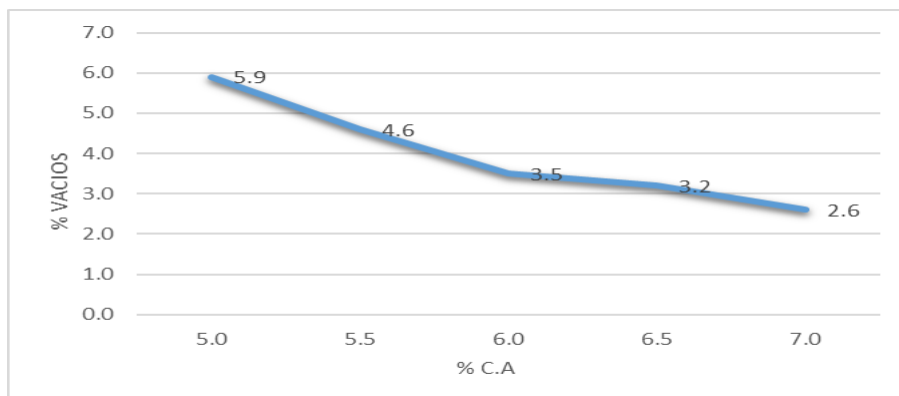
Fuente: Realización Propia

Grafico N° 11: Cuadro de Estabilidad - MACp



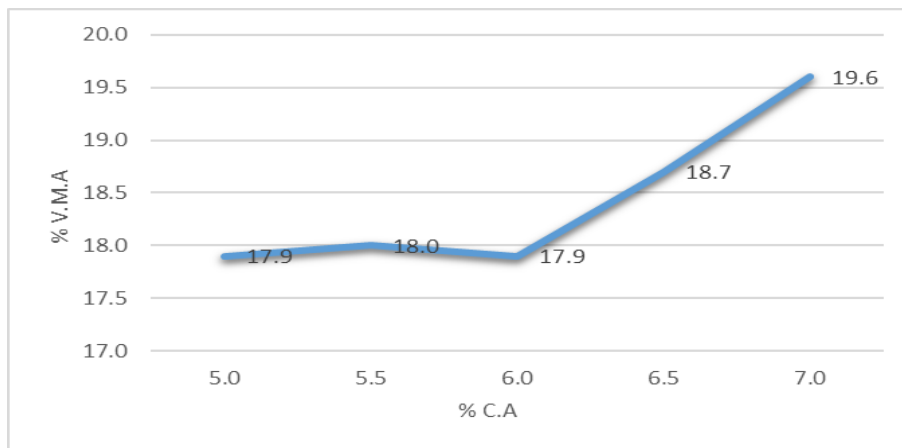
Fuente: Realización Propia

Grafico N° 12: Cuadro de Vacíos de Aire - MACp



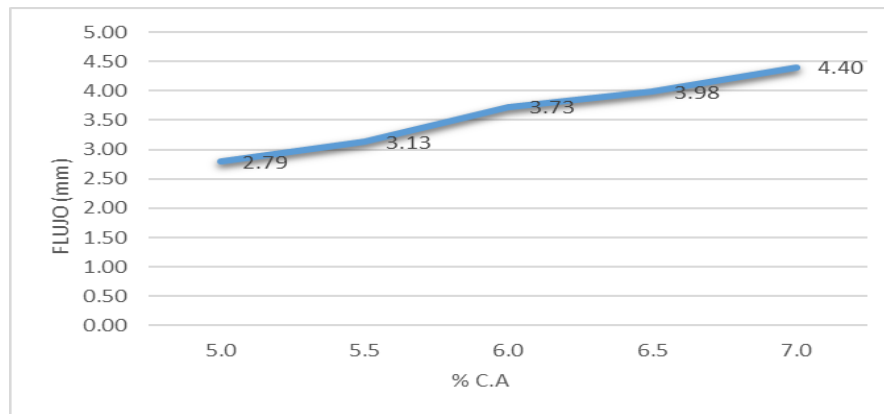
Fuente: Realización Propia

Gráfico N° 13: Cuadro de Vacíos en el agregado mineral -MACp



Fuente: Realización Propia

Gráfico N° 14: Cuadro de flujo (mm) - MACp



Fuente: Realización Propia

Cuadro N° 31: Resumen óptimo de contenido de asfalto

% CEMENTO DE ASFALTICO	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/CA.	V.M.A	FLUENCIA O FLUJO	ESTABILIDAD/ FLUJO
5.60	2.334	1558	4.3	75.9	17.9	3.3	4740
5.80	2.337	1608	3.9	78.1	18.0	3.5	4568
6.00	2.338	1649	3.6	79.9	18.1	3.6	4396

Fuente: Realización Propia

Prosiguiendo, se muestra los resultados de las pruebas realizadas a la Mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (MACp), con agregados de la Cantera Compañía. ver anexo para mayor detalle.

Cuadro N° 32: Cuadro de resultados de los Ensayos Convencionales de la MACp

ENSAYOS	Requisitos P-2	Unidad	Resultados
			Cantera Compañía
Optimo Contenido de C.A (%)	+/-0.2	%	5.8
Número de Golpes	75		75
Peso Unitario Compactado (Kg/m3)	—	kg/cm3	2.337
Estabilidad en (Kg) corregida	975.2 min	kg	1608
Flujo (mm)		mm	3.5
Vacios de Aire en mezcla (%)	2.8-4.2	%	3.9
Vacios en el Agregado Mineral (%)	16 min	%	18
Vacios llenados de C.A (%)	—	%	78.1
Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción Indirecta (%) Iottman	80 min	%	100.7
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)		Kg/cm	4568

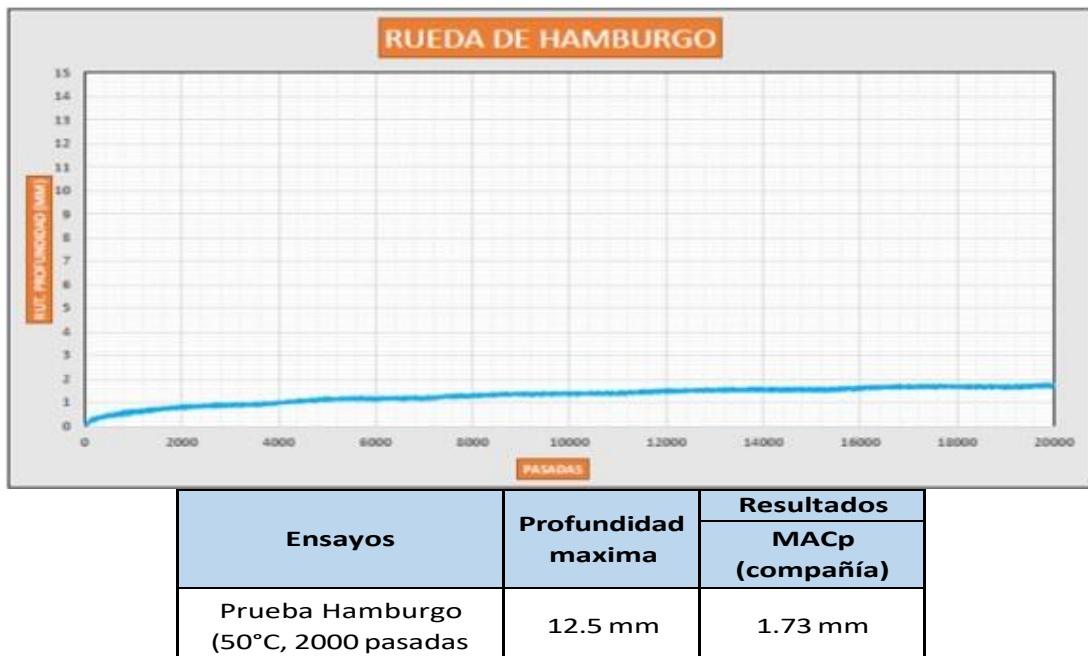
Fuente: Realización Propia

4.7.2 Ensayos de desempeño.

- Deformaciones permanentes de la MACp.**

Con la MACp, también se han realizado para la cantera Compañía, ensayos de profundidad de ahuellamiento a través de la Prueba de Hamburgo, tal como se muestra a continuación: Ver anexos para mayor detalle.

Cuadro N° 33: Cuadro de valores obtenidos -MACp



Fuente: Realización Propia

Según los valores conseguidos en el cuadro anterior podemos inferir que las profundidades de ahuellamiento de la cantera Compañía, es menor al máximo admisible siendo 1.73 mm. Con lo cual resultan óptimos para el ensayo de desempeño.

- **Módulo Resiliente**

Con la MACp, también se han realizado para la cantera Compañía, ensayos de Modulo de Resiliente, tal como se muestra a continuación: ver anexo para mayor detalle.

Cuadro N° 34: Cuadro de resultados de los ensayos de módulo de resiliencia de la MACp.

MODULO RESILENTE (Mpa) - MACp	
CANTERA COMPAÑÍA	
T 20°C	T 25°C
3695	2611
3738	2426
3877	2400
VALORES MEDIOS DE MODULO DE RESILENTE	
3770	2479

Fuente: Realización Propia

- **Interpretación de los resultados de Modulo Resiliente (MACp).**

El comportamiento reológico de la alternativa con ligante asfáltico modificado con BETUTEC IC, para la mezcla elaborada con agregado de la cantera “Compañía”, a temperaturas de 20 y 25°C, se pone de manifiesto a través de valores medios de Modulo de resiliencia, al 20°C es 3,770 MPa y al 25°C 2,479 MPa. El valor mínimo encontrado en ensayos de laboratorio para el módulo resiliente es para la Cantera Compañía al 20°C, es un valor de 3695 MPa. Esto significa que valores menores al tipo recomendado, por la circular de la FAA, AC 150/5370-10E, de 3,500 MPa al 20°C. Por lo que la alternativa de MACp con el polímero SBS al 20°C, cumple con la recomendación especificada.

4.8 Comparativo de MAC vs MACp.

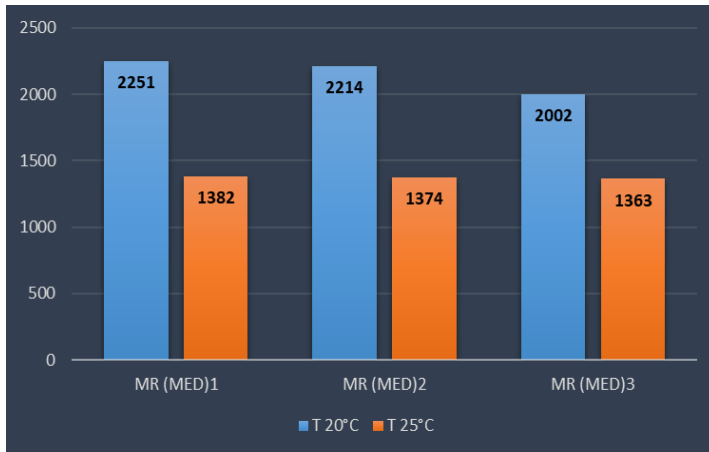
De los resultados obtenidos de ensayos con MAC convencional y MACp, se han elaborado tablas y gráficos comparativos, afectos de ilustrar las ventajas que ofrece una alternativa con respecto a la otra.

4.8.1 Tablas comparativas de Módulo Resilientes.

De acuerdo a los resultados obtenidos mostrados anteriormente, se puede ver la variabilidad y diferencia de resultados cuando trabajamos a estas temperaturas tanto con asfalto convencional y modificado:

4.8.1.1 Cantera Compañía.

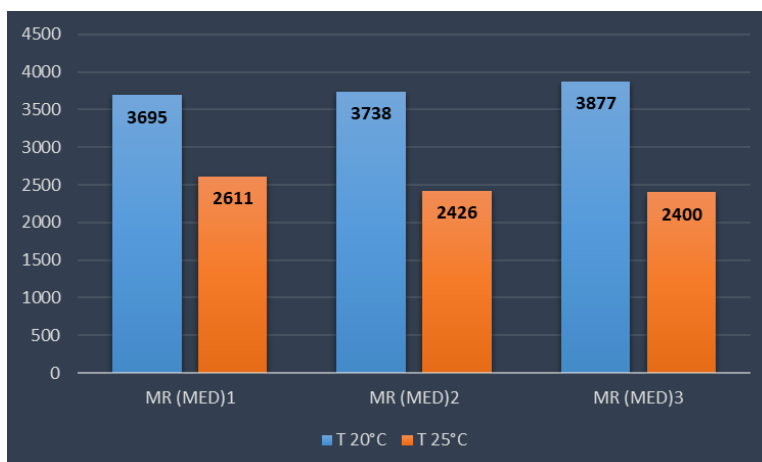
Cuadro N° 35: Resumen Mr - Cantera Compañía sin modificar



ASFALTO CONVENCIONAL CANTERA COMPAÑÍA			
T°C	MR (MED)1	MR (MED)2	MR (MED)3
20	2251	2214	2002
25	1382	1374	1363

Fuente: Realización Propia

Cuadro N° 36: Resumen Mr - Cantera Compañía modificada con SBS



ASFALTO MODIFICADA CANTERA COMPAÑÍA			
T°C	MR (MED)	MR (MED)2	MR (MED)3
20	3695	3738	3877
25	2611	2426	2400

Fuente: Realización Propia

Cuadro N° 37: Selección de Módulo de Resiliencia

TIPO DE ENSAYO	MAC - COMPAÑÍA	MACp - COMPAÑÍA	LIMITE TIPICO (min)
Módulo Resiliente (Mpa) 20°C min	2251	3877	3500
Módulo Resiliente (Mpa) 25°C min	1382	2611	

Fuente: Realización Propia

Comentarios de los cuadros expuestos:

- De acuerdo a estos resultados y mostrados claramente en los gráficos de módulos de resiliencia, se puede concluir que los asfaltos convencionales son muy sensibles a la temperatura, obteniendo valores muy bajos en resistencia, lo que lleva a que se tenga problemas en la carpeta asfáltica en un lapso muy corto.
- En cambio, en lo referente a asfaltos modificados con polímeros SBS, el comportamiento es diferente, obtendremos mayores módulos de resiliencia a 20 y 25°C.
- El valor mínimo encontrado en ensayos de laboratorio para el módulo resiliente en la Cantera Compañía al 20°C, es un valor de 3695 MPa. Siendo la recomendación de la FAA un valor típico de 3500 MPa al 20°C. Por lo que la alternativa de MAC con el polímero SBS al 20°C, cumple con la recomendación especificada.

4.8.2 Tablas comparativas de TSR (resistencia conservada en la tracción indirecta).

Cuadro N° 38: Cuadro comparativo - Ensayo TSR%

TIPO DE ENSAYO	MAC - Compañía	MACp - Compañía	Especificación (min)
TSR %	66.7	101	75

Fuente: Realización Propia

Comentarios del cuadro expuesto:

- Con respecto a los ensayos TSR, hay un incremento considerable de un 51% entre la MAC convencional y la MAC con polímeros en la Cantera Compañía, el cual proporciona una mejor resistencia al daño inducido por la humedad.

4.8.3 Tablas comparativas de prueba de Hamburgo.

Cuadro N° 39: Cuadro de la Prueba de Hamburgo

Ensayos	Profundidad máxima	Resultados	
		MAC-convencional (compañía)	MACp (compañía)
Prueba Hamburgo (50°C, 2000 pasadas)	12.5 mm	11.93 mm	1.73 mm

Fuente: Realización Propia

Comentarios del cuadro expuesto:

- Según lo observado existe una reducción en la deformación permanente entre la MAC convencional y la MACp, siendo una reducción de 85% para la Cantera Compañía.
- Por lo que los resultados de la muestra de la cantera compañía, demuestran un mejor comportamiento reológico de la MAC con polímeros, en términos de deformación permanente.

V. DISCUSIÓN

A continuación, se muestra la comparación de los resultados obtenidos en este proyecto con respecto a las tesis de apoyo mostrada al inicio del proyecto de tesis:

Discusión N°01:

Villafana y Ramírez (2019), en su tesis titulada, “Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS BETUTEC IC y una mezcla asfáltica convencional 60/70”, concluyeron que la estabilidad de la mezcla asfáltica 60/70 convencional (1373 Kgf) es menor con respecto a la mezcla asfáltica BETUTEC IC (1964 Kgf), lo cual se demuestra una mayor cohesión y adhesividad y un mejor comportamiento mecánico la mezcla asfáltica modificada con respecto a la mezcla asfáltica tradicional. En tanto Víctor Estrada (2017), en su tesis titulada, “Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus y mezclas asfálticas modificada con polímeros tipo SBS PG70 - 28”, concluye que la estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS PG 70-28 (2047 Kgf) es superior con respecto a la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 plus (1382 Kgf), lo cual demuestra una mayor cohesión y adhesividad de la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS PG 70 – 28.

Por lo que respecta a nuestro proyecto de investigación la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 (1379 kf), resulta menor respecto a la mezcla asfáltica modificada con polímeros BETUTEC IC (1608 Kgf), como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 40 : Cuadro comparativo - Discusión N°01

	VILLAFANA Y RAMIREZ (2019)	VICTOR ESTRADA (2017)	GOMEZ PRADO (2020)
ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA	Mezcla asfáltica convencional PEN 60/70	Mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 PLUS	Mezcla asfáltica convencional PEN 85/100
	1373 Kgf	1382Kgf	1379 kg
	Mezcla asfaltica modificada con BETUTEC IC (5.4%)	Mezcla asfaltica modificada con SBS PG 70-28 (0.5% Adhesol 9000)	Mezcla asfaltica modificada con BETUTEC IC (0.5%)
	1964 kgf	2047kgf	1608 kgf

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo que concluyó que, mediante la adición de los polímeros a un diseño mezcla asfáltica convencional, mejora el comportamiento mecánico y adquiere una mayor estabilidad.

Discusión N°02:

Villafana y Ramírez (2019), en su tesis titulada, “Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS BETUTEC IC y una mezcla asfáltica convencional 60/70”, concluyeron que presenta un mejor desempeño en cuanto a la resistencia a la deformación permanente, presentando las mezclas asfálticas modificadas con polímeros BETUTEC IC una profundidad de ahuellamiento de 1.80 mm y la mezcla asfáltica convencional 60/70 presenta una profundidad de ahuellamiento de 7.77 mm. En tanto Víctor Estrada (2017), en su tesis titulada, “Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus y mezclas asfálticas modificada con polímeros tipo SBS PG70 - 28”, concluyeron que presentan un mejor desempeño en cuanto a la resistencia a la deformación permanente, debido a que la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS PG 70 – 28, muestra en los ensayos una profundidad de ahuellamiento de 3.790 mm y es la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 presenta una profundidad de ahuellamiento de 12.50 mm, garantizando de esta manera mayor resistencia a la deformación permanente o ahuellamiento.

Por lo que respecta a nuestro proyecto de investigación en los ensayos de la Prueba de Hamburgo se obtuvieron para la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 (11.93 mm), y en tanto para la mezcla asfáltica modificada con polímeros BETUTEC IC obtuvimos (1.73 mm), como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 41:Cuadro comparativo - Discusión N°02

	VILLAFANA Y RAMIREZ (2019)	VICTOR ESTRADA (2017)	GOMEZ PRADO (2020)
PROFUNDIDAD DE AHUELLAMIENTO	Mezcla asfáltica convencional PEN 60/70	Mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 PLUS	Mezcla asfáltica convencional PEN 85/100
	7.77 mm	12.50 mm	11.93 mm
	Mezcla asfáltica modificada con BETUTEC IC (5.4%)	Mezcla asfáltica modificada con SBS PG 70-28 (0.5% Adhesol 9000)	Mezcla asfáltica modificada con BETUTEC IC (0.5%)
	1.80 mm	3.79 mm	1.73 mm

Fuente: Elaboración Propia.

Con lo cual se demuestra, que la incorporación de polímeros a una mezcla asfáltica, reduce la deformación permanente del pavimento, mejorando así sus propiedades físicas y teniendo un mejor desempeño de su vida útil.

Discusión N°03:

Maila Paucar (2013), en su tesis titulada, “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros etileno vinil acetato (EVA)”, concluyó que mediante los ensayos realizados se obtuvo una importante optimización en las propiedades mecánicas, tales como módulo dinámico, resistencia a la tensión indirecta, resistencia a la pérdida por desgaste, estabilidad entre otros, siendo el módulo dinámico para la mezclas asfáltica convencional (2614.3 Mpa a 20°C y 518.0 Mpa a 40°C) y para la mezcla modificada con polímeros EVA (3486.7 Mpa a 20°C y 1114.0 Mpa a 40°C), este incremento está relacionado a evitar las deformaciones plásticas producto de temperatura.

Por lo que respecta a nuestro proyecto de investigación en los ensayos de módulo de resiliencia se obtuvieron para la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 (2251 Mpa a 20°C y 1363 Mpa a 25°C), y en tanto para la mezcla asfáltica modificada con polímeros BETUTEC IC obtuvimos (3877 Mpa a 20°C y 2611 Mpa a 25°C), como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 42:Cuadro comparativo - Discusión N°03

	MAILA PAUCAR (2013)			GOMEZ PRADO (2020)		
	Mezcla asfáltica convencional		Mezcla asfáltica modificada con polímero EVA (5%)	Mezcla asfáltica convencional PEN 85/100		Mezcla asfáltica modificada con BETUTEC IC (0.5%)
MODULO DE RESILIENTE (DINAMICO) Mpa	T 20°C	2614.3	3486.7	T 20°C	2251	3877
	T 40°C	518.0	1114.0	T 25°C	1382	2611

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo que se concluyó que, mediante la adición de los polímeros a un diseño mezcla asfáltica convencional, se mejora la capacidad de la carpeta asfáltica para poder soportar y mayores números de repeticiones de carga (fatiga), esto contribuye a una mejor a la resistencia a la fatiga.

VI. CONCLUSIONES

Del presente proyecto de investigación podemos concluir lo siguiente:

1. De la hipótesis general, “La utilización de mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades físico- mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho”, concluimos que al incorporar polímeros a la mezcla asfáltica convencional nos ofrece una mejor respuesta de las propiedades mecánicas y físicas, esto debido a que los resultados obtenidos del diseño de mezclas asfálticas tanto de estabilidad como el flujo demuestra que mezcla asfáltica modificada con polímeros BETUTEC IC, tiene un mejor desempeño a comparación de la mezcla convencional PEN 85/100 y el cual se traduce en mayor durabilidad de la carpeta asfáltica ante agentes externos.
2. De la sub hipótesis N°1, “El empleo de las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades física de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho”, concluimos que, de acuerdo los análisis de las pruebas, la inclusión polímeros BETUTEC IC a la mezcla reducen los espacios vacíos, disminuyen la permeabilidad del pavimento el cual proporciona una resistencia al daño inducido por la humedad. Con lo cual ayudamos a mejorar a las propiedades físicas de la mezcla.
3. De la sub hipótesis N°2:” El empleo de las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho”, concluimos de acuerdo a los ensayos de módulo de resiliencia y prueba de Hamburgo, la mezcla modificada con polímeros BETUTEC IC presenta una mejor respuesta a las deformaciones permanentes producidas por cargas o fuerza en periodo de tiempo con respecto a la mezcla convencional, de lo cual podemos concluir que existe una mejora en las propiedades mecánicas del pavimento.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de polímeros o aditivos en un diseño de mezclas asfálticas ya que mejora las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, esto se aplica siempre y cuando los agregados de las canteras estudiadas presenten deficiencias de sus características o que no cumplan con las especificaciones técnicas de un proyecto o investigación.
2. Después de analizar y estudiar los agregados modificados con polímeros de la cantera Compañía, se recomienda el uso de sus materiales para el mejoramiento de la carpeta asfáltica del Aeropuerto de Ayacucho.
3. Recomendamos también que en la etapa de previa y durante la ejecución del mejoramiento de la carpeta asfáltica del Aeropuerto de Ayacucho, se realicen ensayos y pruebas de desempeño en laboratorio de las propiedades de mezclas asfáltica en caliente modificada con polímeros. La cual garantizaran la calidad y la vida útil del pavimento.
4. Se recomienda a todos los profesionales, colegas y alumnos de la carrera de Ingeniería civil, a seguir investigando los efectos que genera el uso de polímeros a un pavimento aeroportuario, ya que, siendo un país con climas muy diversos, los polímeros actuarían de forma diferente frente a un pavimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. AASTM (2014). ASTM united states: ASTM international.
2. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013 - (Versión Final - enero 2013).
3. MTC - Manual suelos y pavimentos (2014).
4. CIRCULAR FAA - AC 150_5370_10e, AC 150_5370_10F.
5. Manual de diseño de aeródromos –Parte N°03 – PAVIEMNTOS ed. 1983.
6. AASTHO (2008). AASTHO the voice of Transportation, Washington DC: AASHTO.
7. Gerardo Villafana y Ramírez Villanueva (2019): “Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS BETUTEC IC y una mezcla asfáltica convencional 60/70” – Universidad privada del norte.
8. Patricia Cahuana (2018): “Análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada con BETUTEC IC + ADITIVO WARMIX respecto a la mezcla asfáltica convencional” – Universidad San Martín de Porras.
9. Gargate y Huamani (2018): “Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible- lima – 2018” – Universidad Cesar Vallejo.

10. Estrada (2017): "Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 plus y mezcla asfáltica modificada con polímeros tipo SBS PG 70-28" - Universidad Andina del cusco.
11. Maila Paucar (2013): "Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros etileno vinil acetato (EVA)" – Universidad Central del Ecuador.
12. Ingeniería_de_Carreteras_Vol_II_Carlos_K 340.
13. Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto – aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabi –Ecuador.

Referencias electrónicas.

14. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000600006
15. <https://revistavial.com/modificacion-de-cemento-asfaltico-en-caliente-con-emulsion-de-sbr/>
16. <https://es.slideshare.net/rodrigoarroyo92351/expo-diapos-reologia-del-asfalto#:~:text=CHARACTER%C3%8DSTICAS%20REOL%C3%93GICAS%20EL%20ASFALTO%20La,propiedad%20muy%20importante%3A%20la%20viscosidad.>
17. <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/variables.html#:~:text=Variable%20independiente&text=Es%20aquella%20caracter%C3%ADstica%20o%20propiedad,manipuladas%20experimentalmente%20por%20un%20investigador.>
18. [https://www.construmatica.com/construpedia/AP-_017._Resistencia_a_Tracci%C3%B3n_Indirecta_\(Ensayo_Brasile%C3%B1o\)_Hormig%C3%B3n_Endurecido](https://www.construmatica.com/construpedia/AP-_017._Resistencia_a_Tracci%C3%B3n_Indirecta_(Ensayo_Brasile%C3%B1o)_Hormig%C3%B3n_Endurecido)
19. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf.](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)

20. <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=1692&ni=metodologia-superpave-para-el-desarrollo-de-pavimentos-asfalticos-de-alto-desempeno>.
21. <https://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/PROPIEDADES%20DE%20LOS%20MATERIALES.htm>
22. https://www.infas.com.ar/repetibilidad-y-reproducibilidad/#:~:text=La%20repetibilidad%20es%20la%20variacion,ajuste%20y%20la%20misma%20pieza)).

ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de Operacionalización de variables

	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
DEPENDIENTE	Carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.	Padilla Rodriguez (2004) define “la carpeta asfáltica, un compuesto por una base y un pavimento asfáltico y el cual estas constituido por una capa intermedia y otra de rodadura, la sub-base puede ser granular o bien tratada con un ligante hidráulico o hidrocarbonato”	Se realizará una mejora en las propiedades de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho utilizando para ello modificadores de polímeros.	Ensayos de laboratorio	Ensayo de Modulo de Resilientes	Razón
					Ensayo de Rueda de Hamburgo	Razón
INDEPENDIENTE	Mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros.	Herrada y Chávez (2013): “las mezclas asfálticas modificadas son el resultado de la incorporación de polímeros en el asfalto, que vienen hacer componentes estables para las condiciones del clima que se van a presentar, en las que son agregadas al cemento asfáltico en líquido para poder mejorar sus propiedades mecánicas y físicas” (pág. 14)	La variable mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros será medida de acuerdo a los resultados obtenidos en la variable comportamiento mecánico, las cuales se determinan por los ensayos realizados en laboratorio.	Ensayos de laboratorio	Diseño de mezclas por el método de Superpave	Razón
					Ensayo de resistencia Conservada en la Prueba de Tracción Indirecta (TSR).	Razón
	El comportamiento físico - mecánico.	Según Gustavo Mugica (2018) El comportamiento mecánico de un material refleja la relación existente entre su respuesta o deformación y el esfuerzo aplicado. Las propiedades físicas - mecánicas fundamentales son la resistencia, la rigidez, la plasticidad, la elasticidad y la capacidad energética. (p. 1).	Esta variable se mide de acuerdo a los distintos tipos de ensayos establecidos según Norma AASHTO. Que son los ensayos de Resistencia Conservada en el ensayo de Tracción Indirecta (TSR) y el ensayo Rueda de Hamburgo.	Flujo	Ensayo de Marshall	Razón
Estabilidad						
Vacíos de aire en mezcla						

Fuente: Realización Propia,

ANEXO N° 2 : Matriz de Consistencia.

MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON POLÍMEROS – 2020							
TÍTULO:		ERIC GUSTAVO GOMEZ PRADO					
AUTORA:		ERIC GUSTAVO GOMEZ PRADO					
	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	¿De qué manera el uso de mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades físico - mecánico de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho?	Analizar si la Mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros mejora el comportamiento físico - mecánico de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.	La utilización de mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades físico - mecánico de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.	Variable dependiente X: Carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.	Ensayos de laboratorio	Ensayo de Modulo de Resilientes	POBLACIÓN: la población para el presente estudio consistirá por 40 briquetas de asfalto. MUESTRA: la muestra para el presente estudio consiste en 15 briquetas de asfalto convencional y 15 briquetas de asfalto modificado con polímeros para determinar el módulo resiliente de la mezcla bituminosa por tensión indirecta y 2 briquetas asfalto modificado con polímeros para el ensayo de la rueda de Hamburgo.
	ESPECÍFICOS	¿En qué medida las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades físicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho?	Determinar si las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades físicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.	El empleo de las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades físicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.		Variable Independiente Y1: Mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros	
ESPECÍFICOS	¿De qué manera las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho?	Determinar si las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejorará las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.	El empleo de las mezclas asfálticas en caliente modificada con polímeros mejora las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica del pavimento del Aeropuerto de Ayacucho.	Variable Independiente Y2: Las propiedades físico - mecánico	Estabilidad (Kg)	Ensayo de Marshall	Diseño de investigación Tipo de investigación Experimental Tipo de investigación Tipo de investigación cuantitativo

Fuente: Realización Propia,

ANEXO N° 3; Validación de Experto

TITULO DEL PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS -2020"

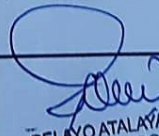
AUTOR: ERIC GUSTAVO GOMEZ PRADO

INFORME DEL VALIDADOR EXPERTO:

TIPO DE VALIDADOR	INTERNO ()	EXTERNO (x)	
APELLIDOS Y NOMBRES	Atalaya Chacón Pelayo		
PROFESIÓN	Ingeniero Civil		
GRADO ACADÉMICO	LICENCIADO (x)	MAGISTER ()	DOCTOR ()
AÑOS DE EXPERIENCIA	5 - 10 ()	11 - 20 (x)	20 A MAS ()

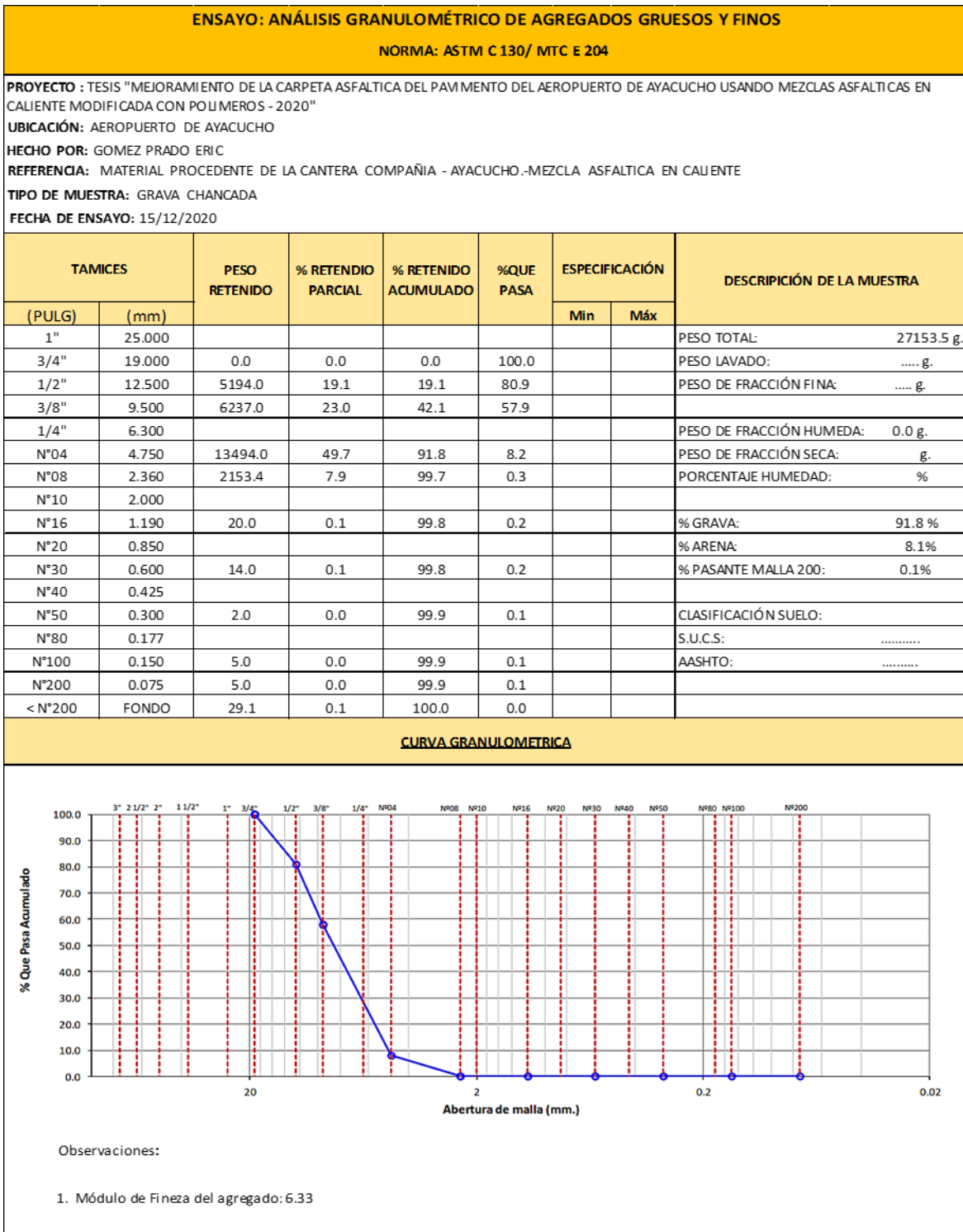
PARA VALIDACIÓN DE EXTERNO:

EMPRESA DONDE LABORA	Aeropuertos Andinos del Perú		
CARGO ACTUAL	Gerente de Mantenimiento e Inversiones		
AREA DE ESPECIALIZACIÓN	Pavimentos		
NÚMERO DE CONTACTO	990158595	MEDIO DE PREFERENCIA PARA CONTACTARLO	()
CORREO ELECTRONICO DE CONTACTO	pelayo.atalaya@aap.com.pe		(x)

FIRMA Y SELLO DE VALIDADOR EXTERNO	 PELAYO ATALAYA CHACON INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 58973
DNI	07457416

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 4: Análisis Granulométrico - Agregado Grueso



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 5: Análisis Granulométrico – Agregado fino

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

NORMA: ASTM C 136 / MTC E 204

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"

UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO

HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC

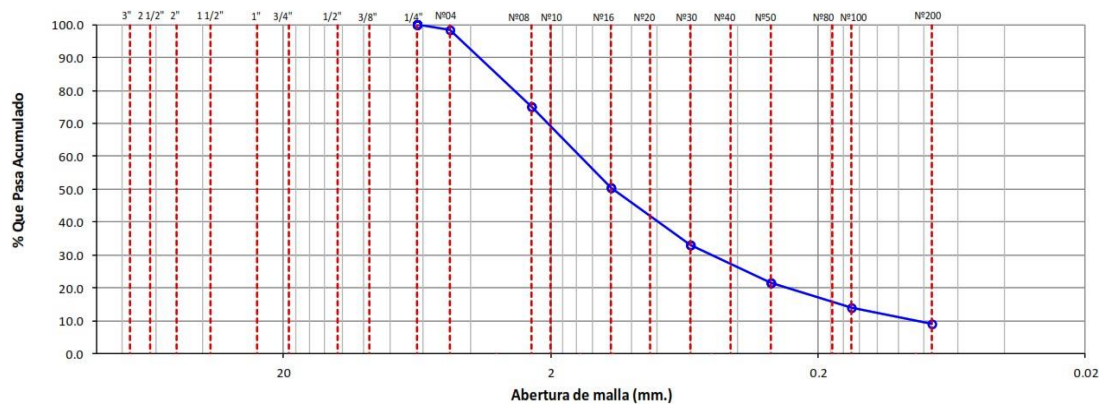
REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO.-MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

TIPO DE MUESTRA: ARENA CHANCADA

FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENDIO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(PULG)	(mm)					Min	Máx	
1"	25.000							PESO TOTAL: g.
3/4"	19.000							PESO LAVADO: g.
1/2"	12.500							PESO DE FRACCIÓN FINA: g.
3/8"	9.500							
1/4"	6.300	0.0	0.0	0.0	100.0			PESO DE FRACCIÓN HUMEDA: 892.2 g.
N°04	4.750	13.0	1.5	1.5	98.5			PESO DE FRACCIÓN SECA: 883.4 g.
N°08	2.360	208.3	23.6	25.1	74.9			PORCENTAJE HUMEDAD: 1.0 %
N°10	2.000							
N°16	1.190	216.6	24.5	49.6	50.4			% GRAVA: 1.5 %
N°20	0.850							% ARENA: 89.5 %
N°30	0.600	153.6	17.4	67.0	33.0			% PASANTE MALLA 200: 9.1%
N°40	0.425							
N°50	0.300	101.9	11.5	78.5	21.5			CLASIFICACIÓN SUELO:
N°80	0.177							S.U.C.S:
N°100	0.150	67.9	7.7	86.2	13.8			AASHTO:
N°200	0.075	42.0	4.8	90.9	9.1			
< N°200	FONDO	80.1	9.1	100.0	0.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones :

- Módulo de Fineza del agregado: 3.08

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 6: Ensayo de Abrasión Los Ángeles

ENSAYO: ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑO MENORES A 37.5 mm (1 1/2")

NORMA: ASTM C 131/MTC E 207

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"

UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO

HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC

REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA

FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020

TAMICES		GRADACIÓN			
(Plug)	(mm)	A	B	C	D
1"	25.000			
3/4"	19.000			
1/2"	12.500		2500		
3/8"	9.500		2500		
1/4"	6.300			
N°04	4.750			
N°08	2.360			
PESO TOTAL			5000		
PESO OBTENIDO			4175		
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO			825		
N° DE ESFERAS			11		
PORCENTAJE OBTENIDO (%)			17		

ESPECIFICACIÓN: 40% Máximo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 7: Ensayo de Peso Específico y Absorción - finos

ENSAYO: PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS					
NORMA: ASTM C 128 / MTC E 205					
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020" UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO DE MUESTRA: MATERIAL GRANULAR FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020					
DATOS		1	2		
1. Peso de la arena superficialmente seca		500.0	500		
2. Peso del frasco + agua		708.7	665.73		
3. Peso del frasco + agua + mineral		1208.67	1165.73		
4. Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco + peso del agua		1022.3	979.3		
5. Volumen de masa + volumen de vacios		186.37	186.43		
6. Peso de la arena secada al horno		496.76	496.83		
7. Volumen de masa		180.8	180.1		
RESULTADOS		UND	1	2	PROMEDIO
A. PESO ESPECIFICO DE MASA		g/cm3	2.665	2.665	2.665
B. PESO ESPECIFICO DE LA MASA SATURADA SUP. SECA		g/cm3	2.683	2.682	2.682
C. PESO ESPECIFICO APARENTE		g/cm3	2.759	2.748	2.753
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		%	0.65	0.64	0.65
Observaciones: 1. Material obtenido de la mezcla: GRAVA CHANCADA =51.5% ; ARENA CHANCADA= 48.5% 2. Ensayo ejecutado al material pasante el Tamiz N°4					

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 8: Ensayo de Peso Específico y Absorción - gruesos

ENSAYO: PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS				
NORMA: ASTM C 127 / MTC E 206				
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"				
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO				
HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC				
REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE				
TIPO DE MUESTRA: GRAVA DE 3/4"				
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020				
DATOS		1	2	
1. Peso de la muestra seca al horno		1015.1	1067.9	
2. Peso de la muestra superficialmente seca		1026.0	1079.3	
3. Peso de la muestra dentro del agua + peso de la canastilla		636.70	670.2	
4. Peso de la canastilla		0.0	0.00	
5. Peso de la muestra saturada dentro del agua		636.70	670.20	
RESULTADOS	UND	1	2	PROMEDIO
A. PESO ESPECIFICO DE MASA	g/cm3	2.608	2.61	2.609
B. PESO ESPECIFICO DE LA MASA SATURADA SUP. SECA	g/cm3	2.635	2.635	2.635
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm3	2.683	2.685	2.684
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.10	1.10	1.10
Observaciones:				
1. Material obtenido de la mezcla: GRAVA CHANCADA =51.5% ; ARENA CHANCADA= 48.5%				
2. Ensayo ejecutado al material pasante el Tamiz N°4				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 9: Ensayo de Porcentaje de Caras Fracturadas

ENSAYO: PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS						
NORMA: ASTM D 5821/MTC E 210						
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"						
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO						
HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC						
REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE						
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA						
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020						
A. Con una cara fracturada						
TAMIZ		Peso muestra (g) A	Peso material con una cara fracturada (g) B	Porcentaje de Caras fracturadas $C = ((B/A) * 100)$	Porcentaje Retenida gradación Original (%) D	Promedio de Caras fracturadas $E = C * D$
PASA	RETIENE					
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1201	1123	93.5	19.1	1788.6
1/2"	3/8"	496.7	420.9	84.7	23.0	1946.4
TOTAL		1697.7	1543.9	178.2	42.1	3735.0
Porcentaje con una cara fracturada = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 88.7\%$						
B. Con dos caras fracturadas						
TAMIZ		Peso muestra (g) A	Peso material con una cara fracturada (g) B	Porcentaje de Caras fracturadas $C = ((B/A) * 100)$	Porcentaje Retenida gradación Original (%) D	Promedio de Caras fracturadas $E = C * D$
PASA	RETIENE					
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1201	920	76.6	19.1	1465.3
1/2"	3/8"	496.7	380.5	76.6	23.0	1759.6
TOTAL		1697.7	1300.5	153.2	42.1	3224.9
Porcentaje con una cara fracturada = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 76.6\%$						
ESPECIFICACIÓN MÍN CON UNA CARA : 85% ESPECIFICACIÓN MÍN CON DOS Ó MÁS: 75%						

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 10: Ensayo de Índice de Aplanamiento

ENSAYO: INDICE DE APLANAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS								
NORMA: MTC E 221 / NLT 354/91								
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020" UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020								
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS Y ALARGADAS			
TAMIZ (pulg)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RET	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	
2"	50.00							
1 1/2"	37.50							
1"	25.00							
3/4"	19.00							
1/2"	12.50	1201.0	19.1	80.9	20.0	1.7	0.8	
3/8"	9.50	496.7	23.0	57.9	14.3	2.9	1.6	
TOTAL		1697.7	42.1		34.3	4.6	2.4	
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) : 1697.7 PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) : 2.4						ESPECIFICACIÓN : 10% maximo		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 11: Ensayo de Durabilidad al sulfatos de sodio y magnesio –Agregado grueso

ENSAYO: DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO (A.G)							
NORMA: ASTM C 88 / MTC E 209							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020" UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO DE MUESTRA: MATERIAL GRANULAR FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: Análisis cuantitativo							
TAMAÑO DE LOS TAMICES		Peso Gradación Original (g)	Gradación de la muestra original (g)	Peso fracciones antes del ensayo (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
PASA	RETIENE						
2 1/2" 63 mm	2" 50 mm						
2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm						
1 1/2" 37.5 mm	1 " 25 mm						
1 " 25 mm	3/4" 19 mm						
3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	5194.0	19.1	674.0	652.6	3.2	0.6
1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	6237.0	23	300.6	275.6	8.3	1.9
3/8" 9.5 mm	N° 04 4.75 mm	13494.0	49.7	300.8	280.3	6.8	3.4
TOTAL		24925.0	91.8	1275.4	1208.5	18.3	5.9
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO : 5.9 % ESPECIFICACIÓN : 18% maximo							
Observaciones: 1. Material obtenido de la mezcla: GRAVA CHANCADA =51.5% ; ARENA CHANCADA= 48.5%							

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 12: Ensayo de Durabilidad al sulfato de sodio y magnesio - Agregado fino

ENSAYO: DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO (A.F)							
NORMA: ASTM C 88 / MTC E 209							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020" UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO DE MUESTRA: AGREGADO FINO FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: Análisis cuantitativo							
TAMAÑO DE LOS TAMICES		Peso Gradación Original (g)	Gradación de la muestra original (g)	Peso fracciones antes del ensayo (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
PASA	RETIENE						
3/8" 9.5 mm	N° 04 4.75 mm						
N° 04 4.75 mm	N° 08 2.36 mm	208.3	23.6	100.6	75.6	24.9	5.9
N° 08 2.36 mm	N° 16 1.18 mm	216.6	24.5	100.2	83.6	16.6	4.1
N° 16 1.18 mm	N° 30 600 um	153.6	17.4	100.4	85.3	15.0	2.6
N° 30 600 um	N° 50 300 um	101.9	11.5	100.7	85.1	15.5	1.8
TOTAL		680.4	77.0	401.9	329.6	72.0	14.4
INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO : 14.4 % ESPECIFICACIÓN : 18% maximo							
Observaciones: 1. Material obtenido de la mezcla: GRAVA CHANCADA =51.5% ; ARENA CHANCADA= 48.5%							

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 13: Ensayo de Angularidad del Agregado Fino

ENSAYO: ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

NORMA: MTC E 222

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"

UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO

HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC

REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

TIPO DE MUESTRA: MATERIAL GRANULAR

FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020

DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Peso de material + Molde	g	282.22	281.89	283.45
Peso de molde	g	144.9	144.9	144.9
Peso de material	g	137.32	136.99	138.55
Volumen de Cilindro	cm3	100.4	100.4	100.4
Peso Especifico de Masa (bulk)	g/cm3	2.661	2.661	2.661
Angularidad de Agregado Fino	%	48.6	48.7	48.1

RESULTADO FINAL (%)

48.5%

ESPECIFICACIÓN: 30% Máximo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 14: Ensayo de Azul de Metileno

ENSAYO: AZUL DE METILENO

NORMA: ISSA A105

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"

UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO

HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC

REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

TIPO DE MUESTRA: ARENA CHANCADA

FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020

MUESTRA	Azul de Metileno	Reactividad	Especificación EG-2013	
	Cada	Número	Min	Máx
Agregado fino - pasa 200	Cada 0.5 ml	14.0

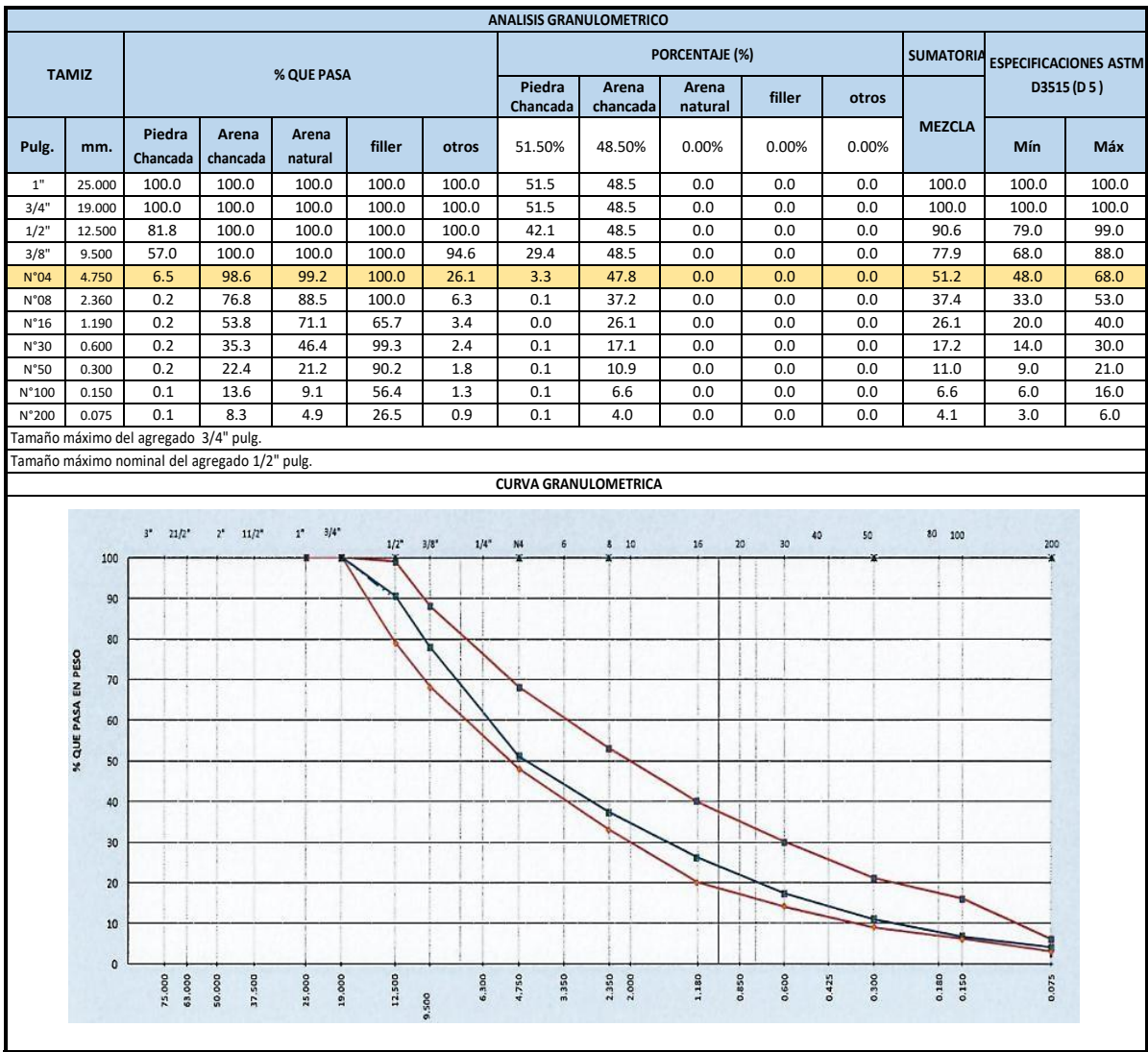
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 15: Ensayo de Equivalente de arena

ENSAYO: EQUIVALENTE DE ARENA, SUELO Y AGREGADOS FINOS				
NORMA: ASTM D2419 / MTC E 114				
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"				
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO				
HECHO POR: GOMEZ PRADO ERIC				
REFERENCIA: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA COMPAÑIA - AYACUCHO- MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE				
TIPO DE MUESTRA: ARENA CHANCADA				
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020				
N° DE ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
Hora de entrada a saturación	00:00:00	00:03:00	00:06:00	63
Hora de salida de saturación	00:10:00	00:13:00	00:16:00	
Hora de entrada de decantación	00:12:00	00:15:00	00:18:00	
Hora de salida de decantación	00:32:00	00:35:00	00:38:00	
Lectura de arcilla	6.4	6.4	6.5	
Lectura de arena	4.0	4.0	4.0	
Porcentaje de equivalente de arena	63.0	63.0	62.0	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"><div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Resultado final (%) : 63%</div><div>ESPECIFICACIÓN : 60% Mínimo</div></div>				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 16: Análisis Granulométrica - Mezcla convencional



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 17: Ensayo de Densidad Máxima Teórica

ENSAYO: DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE						
NORMA: ASTM D 2041 / MTC E 508						
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"						
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO						
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC						
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - MAC						
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA						
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020						
ENSAYO	Und.	1	2	3	4	5
Contenido de C.A.	%	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Peso del material	gr.	1535.4	1534.9	1537.8	1536.8	1515.4
Peso del agua + frasco rice	gr.	6999.0	6999.0	6999.0	6999.0	6999.0
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr.	8534.4	8533.9	8536.8	8535.8	8514.4
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr.	7907.6	7902.4	7899.0	7892.1	7875.4
Volumen del material	cc	626.8	631.5	637.8	643.7	639.0
Peso específico maximo	gr/cc	2.450	2.431	2.411	2.387	2.372
Temperatura de ensayo	°C	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Observaciones:						
1. La dosificación de agregados en planta es la siguiente: Grava chancada - Cantera Compañía 51.5% Arena chancada - Cantera Compañía 48.5%						

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 18; Ensayo de Marshall - Mezcla Convencional (5 % , 5.5%)

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO EL ENSAYO DE MARSHALL							
NORMA: AASHTO T 245 / MTC E 504 / ASTM D 1559 / NLT 159-86							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"							
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO							
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC							
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - MAC							
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA							
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
I. DATOS:							
	AGREGADO GRUESO	51.50%					
	AGREGADO FINO	48.50%					
	PORCENTAJE DE FILLER	0.00%					
	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	3/4"					
II. CALCULOS:							
N°	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% de C.A en peso de la mezcla total	5.00			5.50		
2	% de agregado grueso (>N°4) en peso de la mezcla	48.93			48.67		
3	% de agregado fino (>N°4) en peso de la mezcla	46.08			45.83		
4	% de filler (minimo 65% pasa N°200) en peso de la mezcla	0.00			0.00		
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente	1.019			1.019		
6	Peso especifico del agregado grueso - bulk	2.747			2.747		
7	Peso especifico del agregado grueso - aparente	2.869			2.869		
8	Peso especifico del agregado fino - bulk	2.616			2.616		
9	Peso especifico del agregado fino - aparente	2.667			2.667		
10	Peso especifico de filler - aparente	1.000			1.000		
11	altura promedio de briqueta (cm)						
12	Peso de briquetas seca en el aire (gr)	1248.0	1249.4	1247.8	1242.4	1243.8	1247.8
13	Peso de briqueta saturada superficialmente seca (gr.)	1252.1	1252.6	1251.7	1245.1	1245.2	1249.5
14	Peso de la briqueta en el agua (gr)	709.3	711.4	709.0	708.5	708.7	714.0
15	Volumen de la briqueta (cm3)	542.8	541.2	542.7	536.6	536.5	535.5
16	Peso unitario de la briqueta (gr/cm3)	2.299	2.309	2.299	2.315	2.318	2.330
17	Peso especifico maximo - ASTM D 2041 (gr/cm3)	2.450			2.431		
18	Maxima densidad teorica de los agregados (gr/cm3)	2.514			2.495		
19	Porcentaje de vacios de aire (%)	6.2	5.8	6.2	4.8	4.6	4.1
20	Peso especifico bulk del agregado	2.682			2.682		
21	Peso especifico aparente del agregado total (gr/cm3)	2.767			2.767		
22	Peso especifico efectivo del agregado total (gr/cm3)	2.725			2.725		
23	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	0.6			0.6		
24	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	4.43			4.94		
25	V.M.A (%)	18.6	18.2	18.6	18.4	18.3	17.9
26	Porcentaje de vacios llenados con C.A. (%)	66.8	68.3	66.8	74.2	74.7	76.8
27	Flujo (mm)	2.54	2.79	2.54	3.05	3.05	2.79
28	Estabilidad sin corregir (Kg)	1485	1515	1506	1548	1506	1464
29	Factor de estabilidad	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
30	Estabilidad corregida (Kg)	1381	1409	1401	1440	1401	1362
31	Estabilidad - flujo (Kg/cm)	5438	5042	5515	4725	4596	4874

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 19: Ensayo de Marshall - Mezcla convencional (6% , 6.5%)

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO EL ENSAYO DE MARSHALL							
NORMA: AASHTO T 245 / MTC E 504 / ASTM D 1559 / NLT 159-86							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"							
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO							
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC							
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - MAC							
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA							
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
I. DATOS:							
	AGREGADO GRUESO	51.50%					
	AGREGADO FINO	48.50%					
	PORCENTAJE DE FILLER	0.00%					
	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	3/4"					
II. CALCULOS:							
N°	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% de C.A en peso de la mezcla total	6.00			6.50		
2	% de agregado grueso (>N°4) en peso de la mezcla	48.41			48.15		
3	% de agregado fino (>N°4) en peso de la mezcla	45.59			45.35		
4	% de filler (minimo 65% pasa N°200) en peso de la mezcla	0.00			0.00		
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente	1.019			1.019		
6	Peso especifico del agregado grueso - bulk	2.747			2.747		
7	Peso especifico del agregado grueso - aparente	2.869			2.869		
8	Peso especifico del agregado fino - bulk	2.616			2.616		
9	Peso especifico del agregado fino - aparente	2.667			2.667		
10	Peso especifico de filler - aparente	1.000			1.000		
11	altura promedio de briqueta (cm)						
12	Peso de briquetas seca en el aire (gr)	1240.5	1244.0	1244.4	1245.6	1243.2	1242.1
13	Peso de briqueta saturada superficialmente seca (gr.)	1241.0	1244.9	1245.0	1245.9	1243.6	1242.6
14	Peso de la briqueta en el agua (gr)	712.4	713.1	711.9	716.8	715.3	715.4
15	Volumen de la briqueta (cm3)	528.6	531.8	533.1	529.1	528.3	527.2
16	Peso unitario de la briqueta (gr/cm3)	2.347	2.339	2.334	2.354	2.353	2.356
17	Peso especifico maximo - ASTM D 2041 (gr/cm3)	2.411			2.387		
18	Maxima densidad teorica de los agregados (gr/cm3)	2.476			2.457		
19	Porcentaje de vacios de aire (%)	2.7	3.0	3.2	1.4	1.4	1.3
20	Peso especifico bulk del agregado	2.682			2.682		
21	Peso especifico aparente del agregado total (gr/cm3)	2.767			2.767		
22	Peso especifico efectivo del agregado total (gr/cm3)	2.725			2.725		
23	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	0.6			0.6		
24	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	5.44			5.94		
25	V.M.A (%)	17.7	18.0	18.2	17.9	18.0	17.9
26	Porcentaje de vacios llenados con C.A. (%)	85.0	83.5	82.5	92.3	92.1	92.7
27	Flujo (mm)	3.56	3.56	3.56	3.81	3.81	4.06
28	Estabilidad sin corregir (Kg)	1422	1426	1397	1338	1393	1334
29	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
30	Estabilidad corregida (Kg)	1365	1369	1341	1284	1337	1280
31	Estabilidad - flujo (Kg/cm)	3839	3850	3771	3371	3509	3150

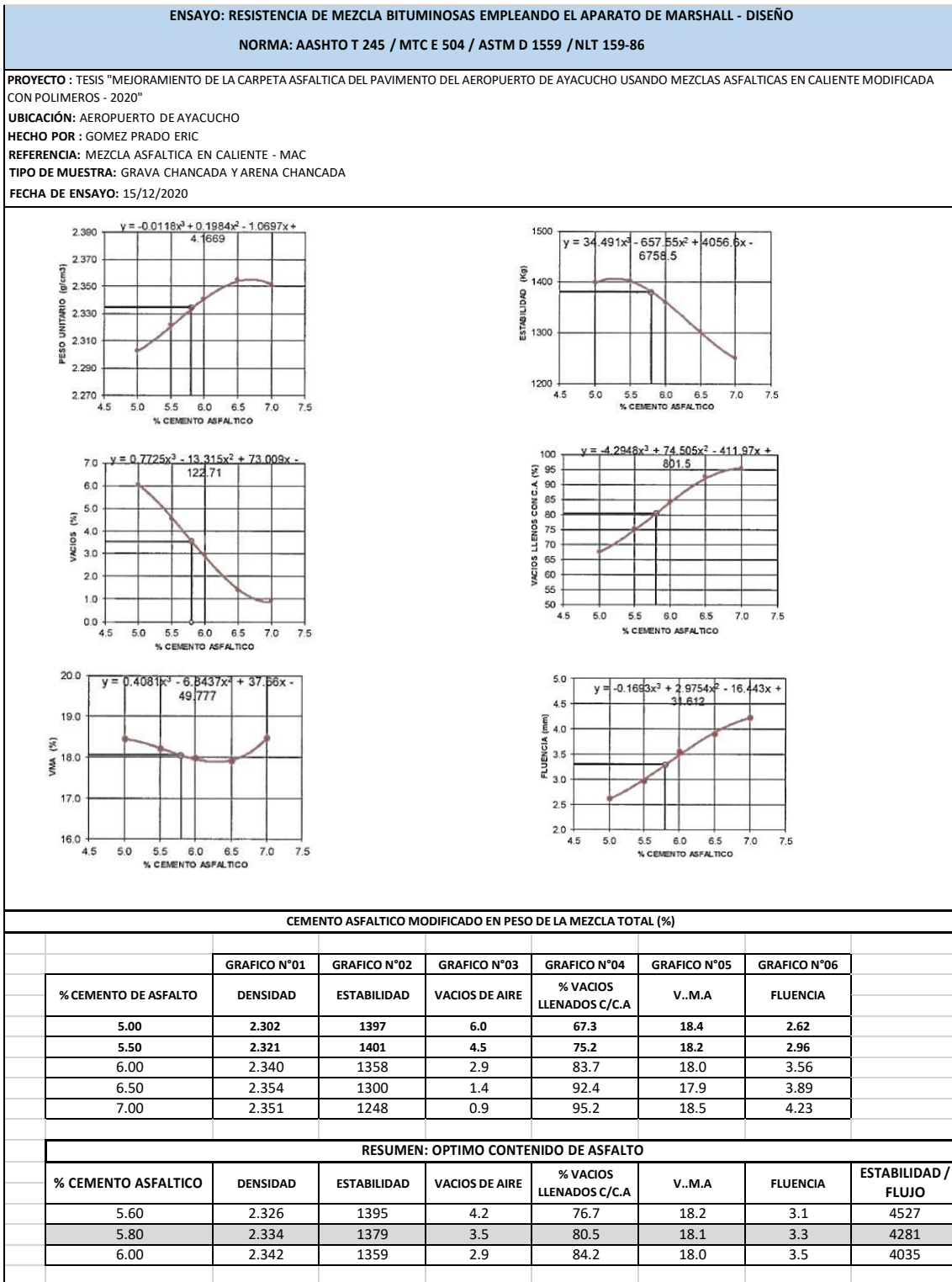
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 20: Ensayo de Marshall - Mezcla convencional (7%)

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO EL ENSAYO DE MARSHALL							
NORMA: AASHTO T 245 / MTC E 504 / ASTM D 1559 / NLT 159-86							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"							
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO							
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC							
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - MAC							
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA							
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
I. DATOS:							
	AGREGADO GRUESO		51.50%				
	AGREGADO FINO		48.50%				
	PORCENTAJE DE FILLER		0.00%				
	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO		3/4"				
II. CALCULOS:							
N°	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% de C.A en peso de la mezcla total		7.00				
2	% de agregado grueso (>N°4) en peso de la mezcla		47.90				
3	% de agregado fino (>N°4) en peso de la mezcla		45.11				
4	% de filler (minimo 65% pasa N°200) en peso de la mezcla		0.00				
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente		1.019				
6	Peso especifico del agregado grueso - bulk		2.747				
7	Peso especifico del agregado grueso - aparente		2.869				
8	Peso especifico del agregado fino - bulk		2.616				
9	Peso especifico del agregado fino - aparente		2.667				
10	Peso especifico de filler - aparente		1.000				
11	altura promedio de briqueta (cm)						
12	Peso de briquetas seca en el aire (gr)	124.2	1240.7	1239.7			
13	Peso de briqueta saturada superficialmente seca (gr.)	1242.4	1240.8	1239.9			
14	Peso de la briqueta en el agua (gr)	715.5	713.4	710.8			
15	Volumen de la briqueta (cm3)	526.9	527.4	529.1			
16	Peso unitario de la briqueta (gr/cm3)	2.358	2.352	2.343			
17	Peso especifico maximo - ASTM D 2041 (gr/cm3)		2.372				
18	Maxima densidad teorica de los agregados (gr/cm3)		2.439				
19	Porcentaje de vacios de aire (%)	0.6	0.8	1.2			
20	Peso especifico bulk del agregado		2.682				
21	Peso especifico aparente del agregado total (gr/cm3)		2.767				
22	Peso especifico efectivo del agregado total (gr/cm3)		2.725				
23	Asfalto absorbido por el agregado total (%)		0.6				
24	Porcentaje de asfalto efectivo (%)		6.44				
25	V.M.A (%)	18.2	18.4	18.7			
26	Porcentaje de vacios llenados con C.A. (%)	96.7	95.5	93.5			
27	Flujo (mm)	4.32	4.32	4.06			
28	Estabilidad sin corregir (Kg)	1308	1283	1308			
29	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96			
30	Estabilidad corregida (Kg)	1256	1232	1256			
31	Estabilidad - flujo (Kg/cm)	2909	2853	3091			

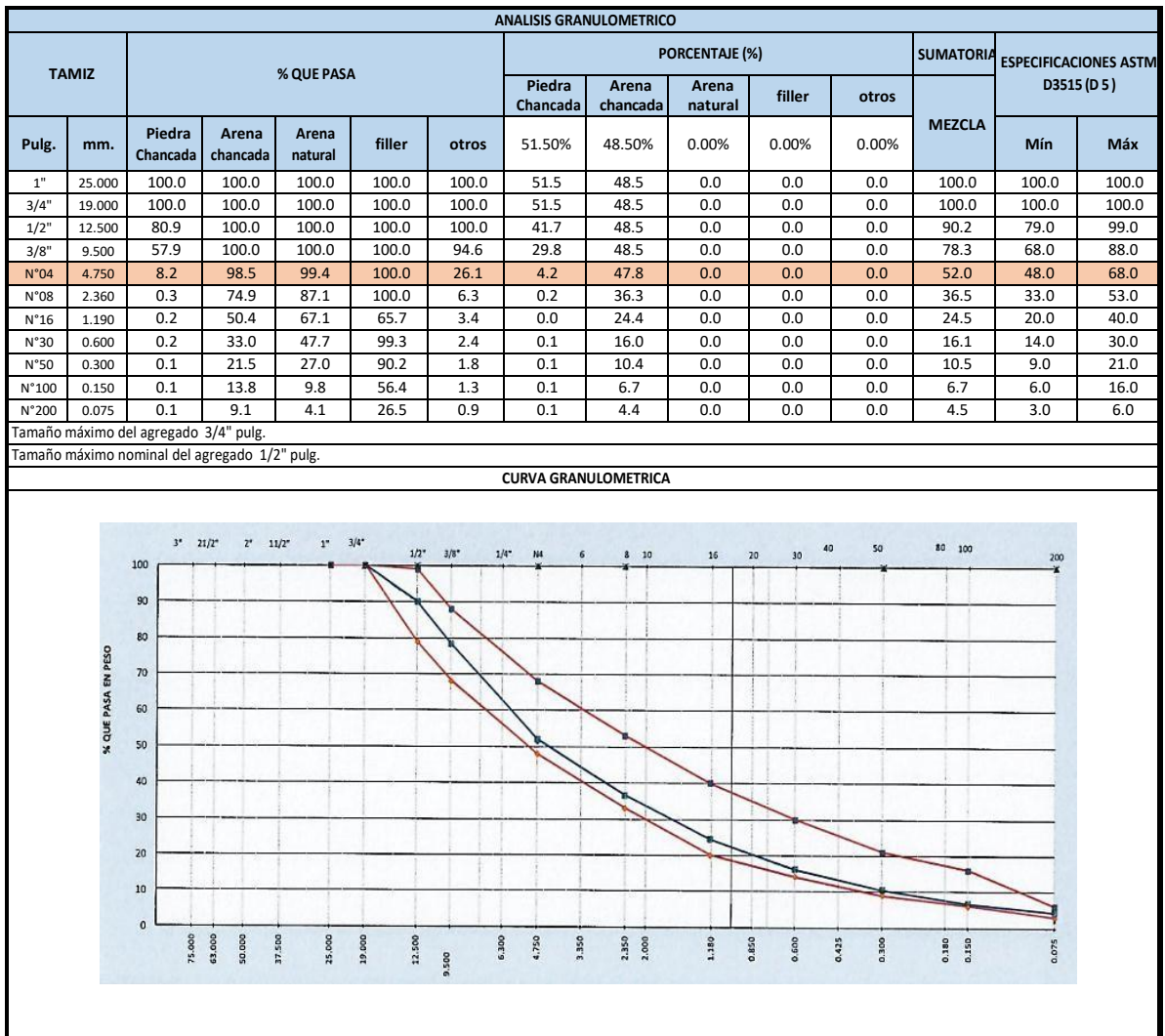
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 21: Ensayo de Marshall - Mezcla convencional - Diseño



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 22: Análisis Granulométrico - Mezcla con polímeros



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 23: Ensayo de Densidad Máxima Teórica

ENSAYO: DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE						
NORMA: ASTM D 2041 / MTC E 508						
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"						
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO						
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC						
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - BETUTEC IC						
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA						
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020						
ENSAYO	Und.	1	2	3	4	5
Contenido de C.A.	%	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Peso del material	gr.	1520.9	1527.9	1511.8	1519.2	1532.1
Peso del agua + frasco rice	gr.	6999.0	6999.0	6999.0	6999.0	6999.0
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr.	8519.9	8526.9	8510.8	8518.2	8531.1
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr.	7907.6	7902.4	7899.0	7892.1	7875.4
Volumen del material	cc	617.4	625.9	623.3	630.7	643.4
Peso específico maximo	gr/cc	2.463	2.441	2.425	2.409	2.381
Temperatura de ensayo	°C	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Obervaciones:						
1. La dosificación de agregados en planta es la siguiente: Grava chancada - Cantera Compañía 51.5% Arena chancada - Cantera Compañía 48.5%						
2. El aditivo utilizado es BETUTEC IC se ha utilizado en la dofisticación de 0.5%.						

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 24: Ensayo de Marshall - Mezcla con polímeros (5% , 5.5%)

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO EL ENSAYO DE MARSHALL							
NORMA: AASHTO T 245 / MTC E 504 / ASTM D 1559 / NLT 159-86							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"							
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO							
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC							
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - BETUTEC IC							
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA							
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
I. DATOS:							
	AGREGADO GRUESO	51.50%					
	AGREGADO FINO	48.50%					
	PORCENTAJE DE FILLER	0.00%					
	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	3/4"					
II. CALCULOS:							
N°	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% de C.A en peso de la mezcla total	5.00			5.50		
2	% de agregado grueso (>N°4) en peso de la mezcla	48.93			48.67		
3	% de agregado fino (>N°4) en peso de la mezcla	46.08			45.83		
4	% de filler (minimo 65% pasa N°200) en peso de la mezcla	0.00			0.00		
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente	1.019			1.019		
6	Peso especifico del agregado grueso - bulk	2.747			2.747		
7	Peso especifico del agregado grueso - aparente	2.869			2.869		
8	Peso especifico del agregado fino - bulk	2.616			2.616		
9	Peso especifico del agregado fino - aparente	2.667			2.667		
10	Peso especifico de filler - aparente	1.000			1.000		
11	altura promedio de briqueta (cm)						
12	Peso de briquetas seca en el aire (gr)	1248.9	1248.9	1248.6	1241.4	1242.6	1248.1
13	Peso de briqueta saturada superficialmente seca (gr.)	1252.0	1252.6	1252.3	1243.8	1243.9	1249.6
14	Peso de la briqueta en el agua (gr)	712.3	713.6	713.9	710.2	709.9	713.9
15	Volumen de la briqueta (cm3)	539.7	539.0	538.4	533.6	534.0	535.7
16	Peso unitario de la briqueta (gr/cm3)	2.314	2.317	2.319	2.326	2.327	2.330
17	Peso especifico maximo - ASTM D 2041 (gr/cm3)	2.463			2.441		
18	Maxima densidad teorica de los agregados (gr/cm3)	2.514			2.495		
19	Porcentaje de vacios de aire (%)	6.0	5.9	5.8	4.7	4.7	4.6
20	Peso especifico bulk del agregado	2.682			2.682		
21	Peso especifico aparente del agregado total (gr/cm3)	2.767			2.767		
22	Peso especifico efectivo del agregado total (gr/cm3)	2.725			2.725		
23	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	0.6			0.6		
24	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	4.43			4.94		
25	V.M.A (%)	18.0	17.9	17.9	18.0	18.0	17.9
26	Porcentaje de vacios llenados con C.A. (%)	66.5	66.9	67.3	74.0	74.1	74.6
27	Flujo (mm)	3.05	2.79	2.54	3.05	3.05	3.30
28	Estabilidad sin corregir (Kg)	1485	1527	1561	1612	1662	1620
29	Factor de estabilidad	0.93	0.93	0.93	0.96	0.96	0.93
30	Estabilidad corregida (Kg)	1381	1420	1452	1547	1596	1507
31	Estabilidad - flujo (Kg/cm)	4532	5084	5716	5076	5235	4563

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 25: Ensayo de Marshall - Mezcla con polímeros (6% , 6.5%)

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO EL ENSAYO DE MARSHALL							
NORMA: AASHTO T 245 / MTC E 504 / ASTM D 1559 / NLT 159-86							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"							
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO							
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC							
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - BETUTEC IC							
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA							
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
I. DATOS:							
	AGREGADO GRUESO	51.50%					
	AGREGADO FINO	48.50%					
	PORCENTAJE DE FILLER	0.00%					
	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	3/4"					
II. CALCULOS:							
N°	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% de C.A en peso de la mezcla total	6.00			6.50		
2	% de agregado grueso (>N°4) en peso de la mezcla	48.41			48.15		
3	% de agregado fino (>N°4) en peso de la mezcla	45.59			45.35		
4	% de filler (minimo 65% pasa N°200) en peso de la mezcla	0.00			0.00		
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente	1.019			1.019		
6	Peso especifico del agregado grueso - bulk	2.747			2.747		
7	Peso especifico del agregado grueso - aparente	2.869			2.869		
8	Peso especifico del agregado fino - bulk	2.616			2.616		
9	Peso especifico del agregado fino - aparente	2.667			2.667		
10	Peso especifico de filler - aparente	1.000			1.000		
11	altura promedio de briqueta (cm)						
12	Peso de briquetas seca en el aire (gr)	1242.1	1239.4	1244.4	1244.4	1237.1	1242.1
13	Peso de briqueta saturada superficialmente seca (gr.)	1243.9	1240.4	1245.6	1243.3	1237.9	1243.2
14	Peso de la briqueta en el agua (gr)	713.5	711.9	712.9	709.9	707.6	711.3
15	Volumen de la briqueta (cm3)	530.4	528.5	532.7	533.4	530.3	531.9
16	Peso unitario de la briqueta (gr/cm3)	2.342	2.345	2.336	2.330	2.333	2.335
17	Peso especifico maximo - ASTM D 2041 (gr/cm3)	2.425			2.409		
18	Maxima densidad teorica de los agregados (gr/cm3)	2.476			2.457		
19	Porcentaje de vacios de aire (%)	3.4	3.3	3.7	3.3	3.2	3.1
20	Peso especifico bulk del agregado	2.682			2.682		
21	Peso especifico aparente del agregado total (gr/cm3)	2.767			2.767		
22	Peso especifico efectivo del agregado total (gr/cm3)	2.725			2.725		
23	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	0.60			0.60		
24	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	5.44			5.94		
25	V.M.A (%)	17.9	17.8	18.1	18.8	18.7	18.6
26	Porcentaje de vacios llenados con C.A. (%)	80.9	81.5	79.8	82.4	83.1	83.5
27	Flujo (mm)	3.81	3.81	3.56	3.81	4.06	4.06
28	Estabilidad sin corregir (Kg)	1654	1717	1696	1759	1738	1759
29	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
30	Estabilidad corregida (Kg)	1588	1648	1628	1689	1668	1689
31	Estabilidad - flujo (Kg/cm)	4167	4326	4578	4432	4105	4155

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 26: Ensayo de Marshall - Mezcla con polímeros (7%)

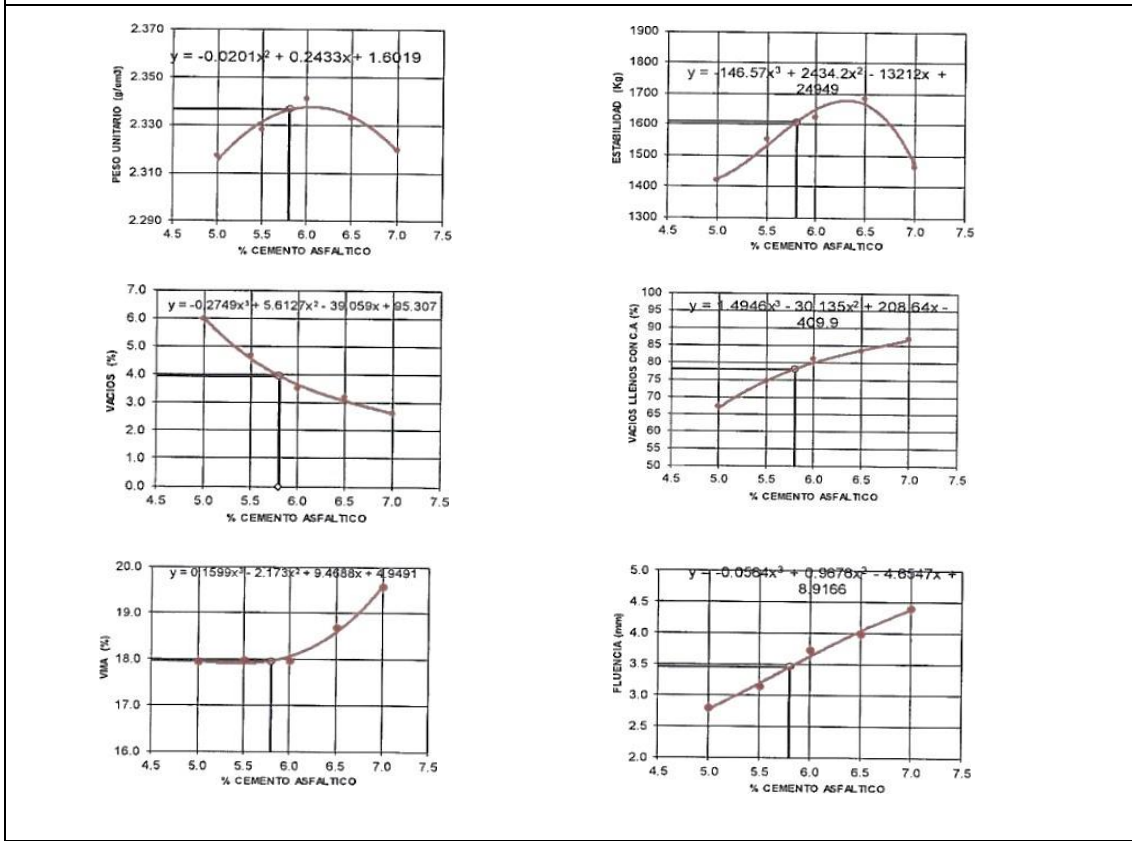
ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO EL ENSAYO DE MARSHALL							
NORMA: AASHTO T 245 / MTC E 504 / ASTM D 1559 / NLT 159-86							
PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"							
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO							
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC							
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - BETUTEC IC							
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA							
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020							
I. DATOS:							
	AGREGADO GRUESO		51.50%				
	AGREGADO FINO		48.50%				
	PORCENTAJE DE FILLER		0.00%				
	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO		3/4"				
II. CALCULOS:							
N°	N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% de C.A en peso de la mezcla total		7.00				
2	% de agregado grueso (>N°4) en peso de la mezcla		47.90				
3	% de agregado fino (>N°4) en peso de la mezcla		45.11				
4	% de filler (minimo 65% pasa N°200) en peso de la mezcla		0.00				
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente		1.019				
6	Peso especifico del agregado grueso - bulk		2.747				
7	Peso especifico del agregado grueso - aparente		2.869				
8	Peso especifico del agregado fino - bulk		2.616				
9	Peso especifico del agregado fino - aparente		2.667				
10	Peso especifico de filler - aparente		1.000				
11	altura promedio de briqueta (cm)						
12	Peso de briquetas seca en el aire (gr)	1236.8	1233.8	1240.1			
13	Peso de briqueta saturada superficialmente seca (gr.)	1236.9	1234.8	1241.1			
14	Peso de la briqueta en el agua (gr)	705.9	701.2	705.7			
15	Volumen de la briqueta (cm3)	531.0	533.6	535.4			
16	Peso unitario de la briqueta (gr/cm3)	2.329	2.312	2.316			
17	Peso especifico maximo - ASTM D 2041 (gr/cm3)		2.381				
18	Maxima densidad teorica de los agregados (gr/cm3)		2.439				
19	Porcentaje de vacios de aire (%)	2.2	2.9	2.7			
20	Peso especifico bulk del agregado		2.682				
21	Peso especifico aparente del agregado total (gr/cm3)		2.767				
22	Peso especifico efectivo del agregado total (gr/cm3)		2.725				
23	Asfalto absorbido por el agregado total (%)		0.60				
24	Porcentaje de asfalto efectivo (%)		6.44				
25	V.M.A (%)	19.2	19.8	19.7			
26	Porcentaje de vacios llenados con C.A. (%)	88.7	85.4	86.2			
27	Flujo (mm)	4.32	4.32	4.57			
28	Estabilidad sin corregir (Kg)	1536	1506	1527			
29	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96			
30	Estabilidad corregida (Kg)	1474	1446	1466			
31	Estabilidad - flujo (Kg/cm)	3414	3349	3207			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 27: Ensayo de Marshall - Mezcla con polímeros - Diseño

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO DE MARSHALL - DISEÑO
NORMA: AASHTO T 245 / MTC E 504 / ASTM D 1559 / NLT 159-86

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
UBICACIÓN: AEROPUERTO DE AYACUCHO
HECHO POR : GOMEZ PRADO ERIC
REFERENCIA: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - BETUTEC IC
TIPO DE MUESTRA: GRAVA CHANCADA Y ARENA CHANCADA
FECHA DE ENSAYO: 15/12/2020



CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)

	GRAFICO N°01	GRAFICO N°02	GRAFICO N°03	GRAFICO N°04	GRAFICO N°05	GRAFICO N°06
% CEMENTO DE ASFALTO	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/C.A	V..M.A	FLUENCIA
5.00	2.317	1418	5.9	66.9	17.9	2.79
5.50	2.328	1550	4.6	74.2	18.0	3.13
6.00	2.341	1621	3.5	80.7	17.9	3.73
6.50	2.333	1682	3.2	83.0	18.7	3.98
7.00	2.319	1462	2.6	86.8	19.6	4.4

RESUMEN: OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO

% CEMENTO ASFALTICO	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/C.A	V..M.A	FLUENCIA	ESTABILIDAD / FLUJO
5.60	2.334	1558	4.3	75.9	17.9	3.3	4740
5.80	2.337	1608	3.9	78.1	18.0	3.5	4568
6.00	2.338	1649	3.6	79.9	18.1	3.6	4396

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 28: Ensayo de Módulo Resiliente - Mezcla Convencional - 25°C (1)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
082-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CONVENCIONAL 85/100- ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
 FILLER : DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
 ASFALTO : PEN 85/100

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
 ALTO : 59.3 mm

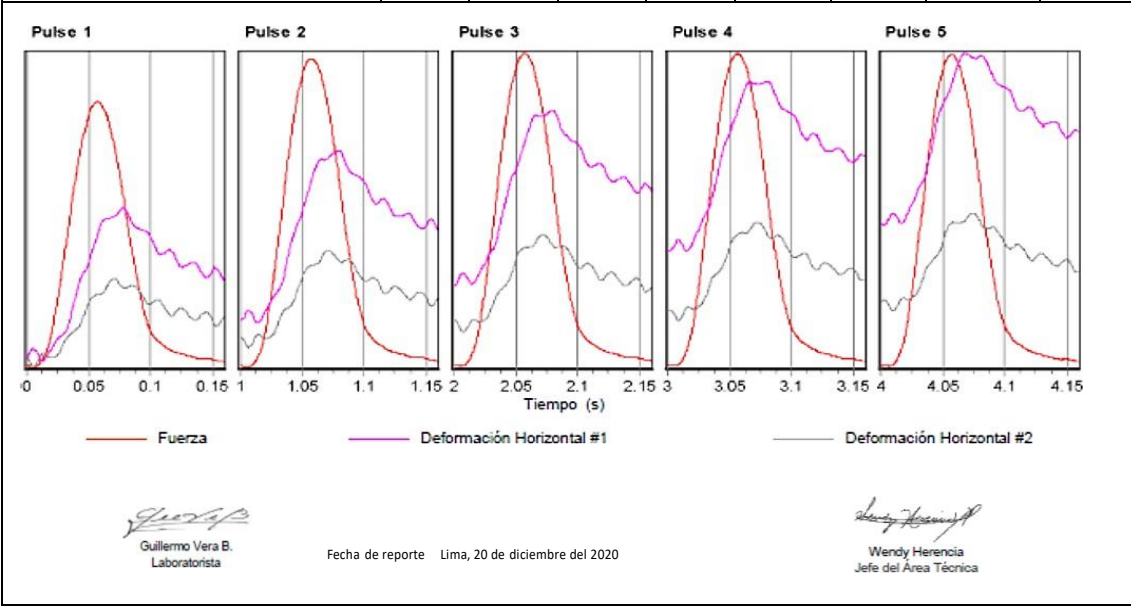
PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 25 °C NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
 PERIODO DE DESCANSO : 900 ms COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
 PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

FECHA Y HORA DE INICIO :
 PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 TEMPERATURA DEL NUCLEO : 24.8 °C
 TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 25.2 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DEV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	1492	1424	1377	1323	1296	1382	70.23	5.08
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1269	1476	1501	1498	1498	1448	90.26	6.23
FUERZA DE ASENTAMIENTO	25	27	27	28	24	26	1.61	6.18
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	8.89	10.84	11.40	11.84	12.09	11.01	1.14	10.36
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	5.72	7.09	7.29	7.60	7.75	7.09	0.72	10.22
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	3.18	3.75	4.11	4.24	4.34	3.92	0.42	10.76



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 29: Ensayo de Módulo de Resiliente - Mezcla convencional - 25°C (2)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
083-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CONVENCIONAL 85/100 -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER :	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : PEN 85/100	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 60.6 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 25 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

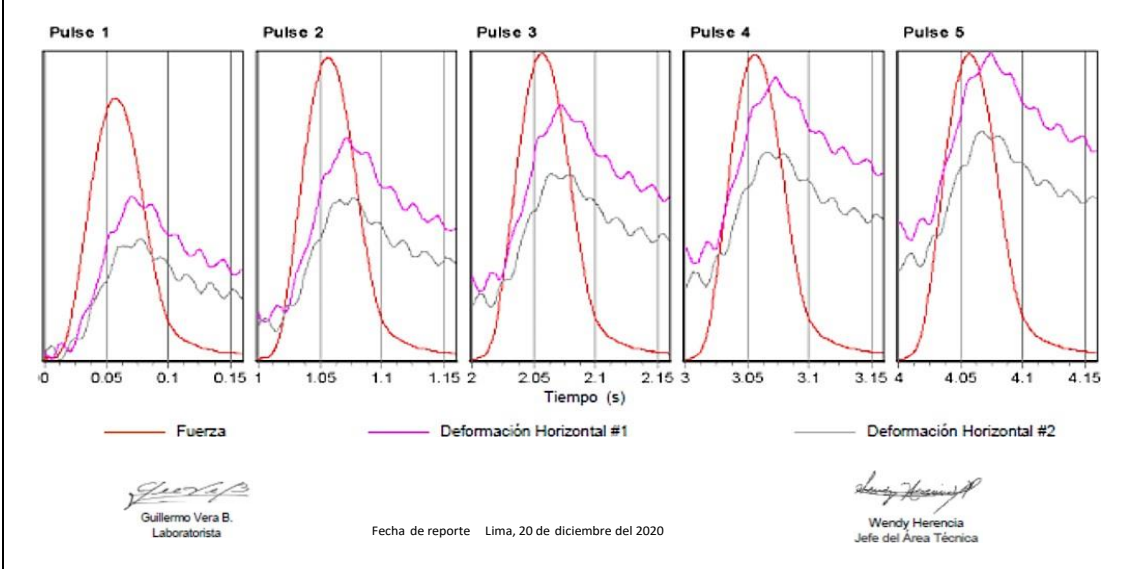
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 24.9 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 25.3 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DEV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	1471	1394	1355	1328	1321	1374	54.95	4.00
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1282	1485	1506	1502	1504	1456	87.45	6.01
FUERZA DE ASENTAMIENTO	23	22	20	20	22	22	1.03	4.78
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	8.92	10.9	11.38	11.58	11.6	10.89	1.02	9.35
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	5.07	6.3	6.48	6.50	6.54	6.18	0.56	9.09
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	3.85	4.6	4.9	5.08	5.11	4.71	0.47	9.88



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 31: Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla Convencional - 20° C (1)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
085-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CONVENCIONAL 85/100 -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER :	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : PEN 85/100	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 59.3 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

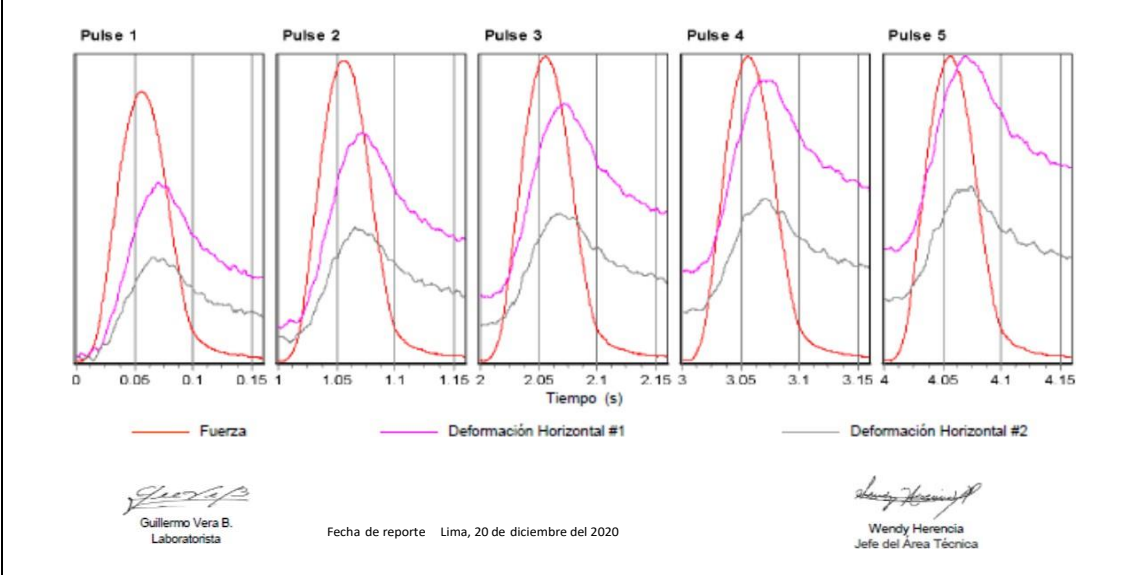
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NÚCLEO : 20 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 19.9 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DESV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	2386	2274	2245	2205	2144	2251	80.31	3.57
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1329	1488	1501	1497	1498	1462	66.98	4.58
FUERZA DE ASENTAMIENTO	22	21	23	28	27	24	2.94	12.14
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	5.83	6.84	6.99	7.1	7.31	6.81	0.52	7.58
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	3.81	4.26	4.43	4.43	4.68	4.32	0.29	6.68
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	2.02	2.58	2.56	2.68	2.63	2.49	0.24	9.65



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 32: Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla Convencional - 20° C (2)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
086-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTOT - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CONVENCIONAL 85/100 -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER :	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : PEN 85/100	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 60.6 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

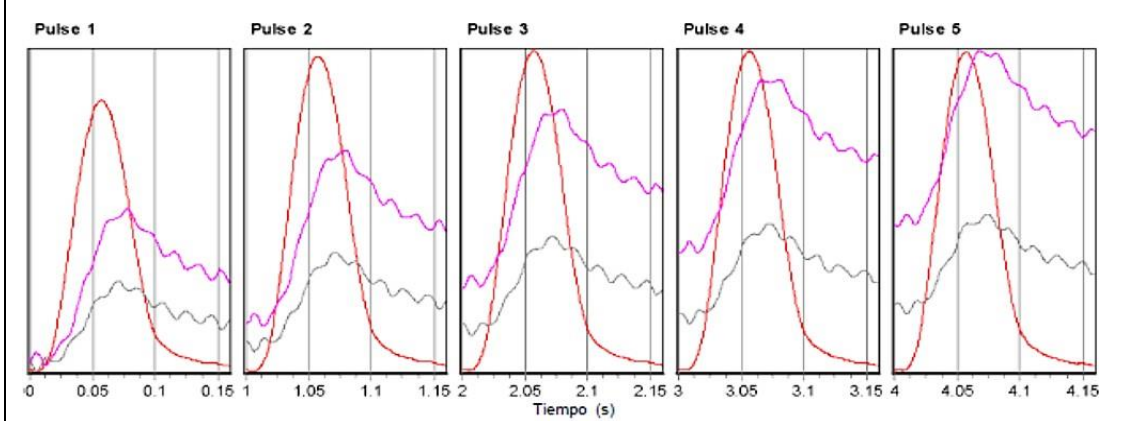
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 19.9 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 19.5 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DESV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	2339	2244	2177	2164	2145	2214	70.81	3.2
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1336	1484	1499	1507	1496	1465	64.65	4.41
FUERZA DE ASENTAMIENTO	21	23	24	19	22	22	1.70	7.70
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	5.85	6.77	7.05	7.13	7.13	6.79	0.49	7.20
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	3.27	3.68	3.90	3.80	3.72	3.67	0.21	5.82
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	2.57	3.09	3.15	3.33	3.41	3.11	0.29	9.43



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Fecha de reporte Lima, 20 de diciembre del 2020

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 33: Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla Convencional - 20° C (3)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
087-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CONVENCIONAL 85/100 -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER :	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : PEN 85/100	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 59.8 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

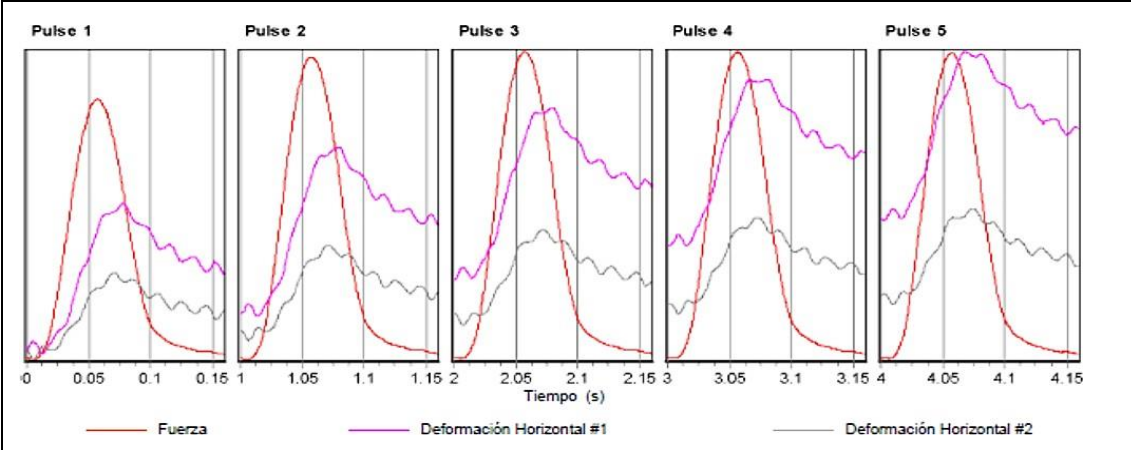
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 20.2 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 19.7 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DESV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	2323	2247	2191	2141	2107	2202	76.77	3.49
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1317	1488	1498	1502	1501	1461	72.47	4.96
FUERZA DE ASENTAMIENTO	26	22	25	24	21	24	1.77	7.45
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	5.88	6.87	7.09	7.28	7.39	6.9	0.54	7.83
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	3.15	3.78	3.87	3.79	3.92	3.7	0.28	7.61
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	2.73	3.09	3.22	3.49	3.47	3.2	0.28	8.73



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Fecha de reporte Lima, 20 de diciembre del 2020

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 34 : Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla con Polímeros SBS - 25° C (1)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
088-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON BETUTEC IC -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 18/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
 FILLER : ASFALTO MODIFICADO CON BETUTEC CON SBS DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
 ASFALTO : 05% de BETUTEC IC

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
 ALTO : 61.1 mm

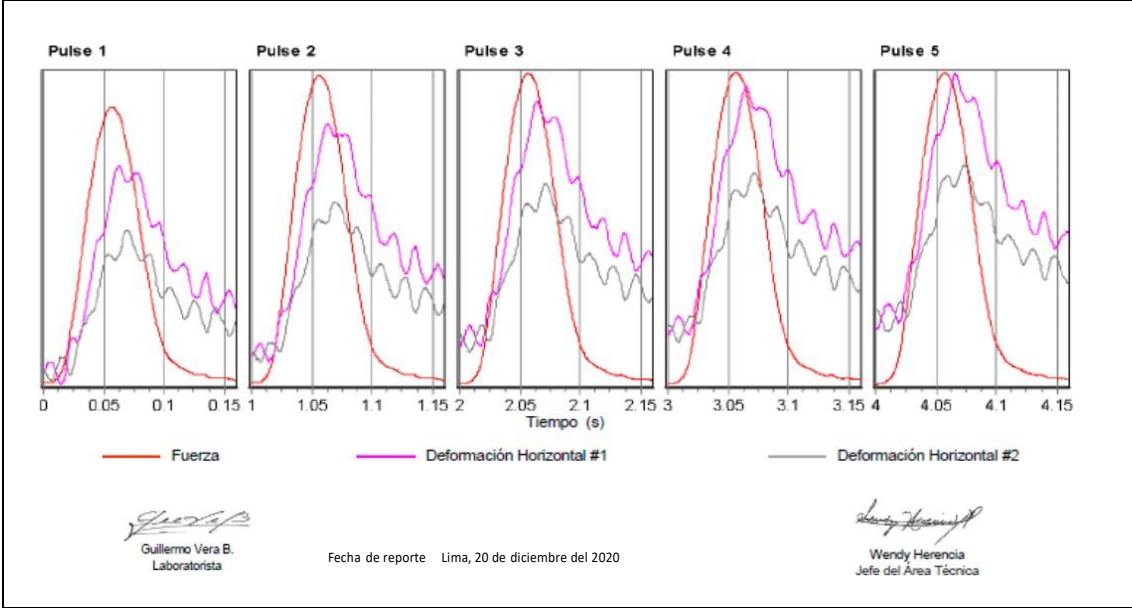
PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 25 °C NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
 PERIODO DE DESCANSO : 900 ms COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
 PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

FECHA Y HORA DE INICIO :
 PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 TEMPERATURA DEL NUCLEO : 24.9 °C
 TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 25.1 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DEV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	2751	2644	2570	2539	2551	2611	79.15	3.03
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1334	1488	1502	1507	1509	1468	67.36	4.59
FUERZA DE ASENTAMIENTO	24	24	20	18	15	20	3.61	17.70
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	4.92	5.72	5.93	6.03	6	5.72	0.41	7.23
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	2.89	3.56	3.7	3.97	3.97	3.62	0.4	11.12
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	2.03	2.16	2.23	2.06	2.06	2.1	0.09	4.07



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 35 :Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla con Polímeros SBS - 25° C (2)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
089-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON BETUTEC IC - ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 18/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER : ASFALTO MODIFICADO CON BETUTEC CON SBS	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : 05% de BETUTEC IC	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 58.3 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 25 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

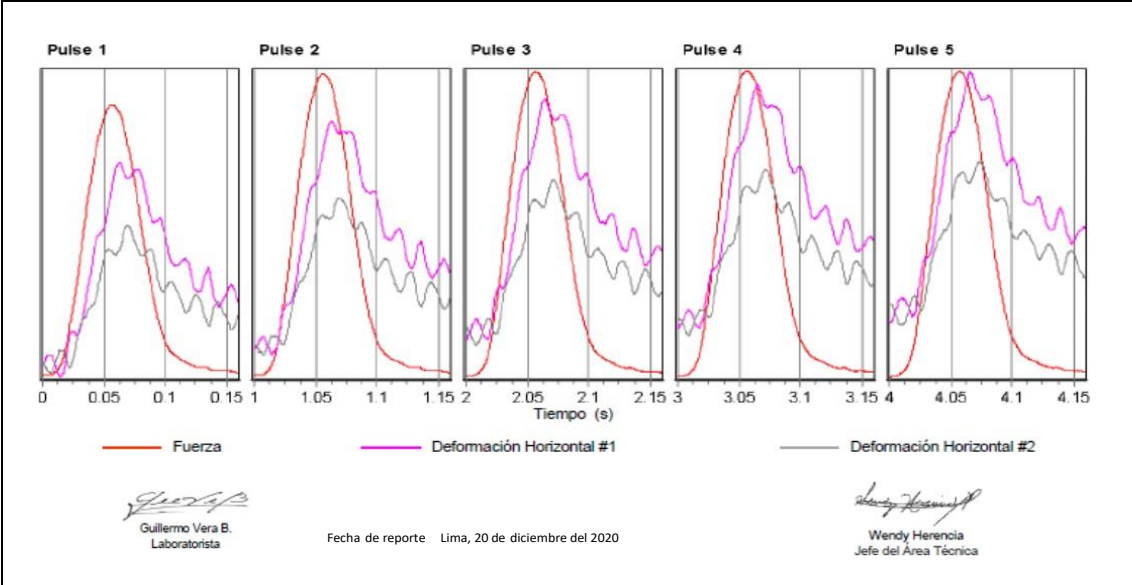
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 25 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 25.2 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DESV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	2498	2441	2429	2386	2378	2426	43.34	1.79
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1412	1496	1498	1495	1502	1481	34.57	2.33
FUERZA DE ASENTAMIENTO	28	21	26	25	22	24	2.58	10.54
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	8.18	8.87	8.93	9.07	9.14	8.84	0.34	3.89
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	3.73	3.73	3.86	4.06	3.99	3.88	0.14	3.49
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	4.45	5.15	5.07	5.01	5.15	4.96	0.26	5.30



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 36: Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla con Polímeros SBS - 25° C (3)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
090-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON BETUTEC IC -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 18/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER : ASFALTO MODIFICADO CON BETUTEC CON SBS	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : 05% de BETUTEC IC	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 60.4 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 25 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

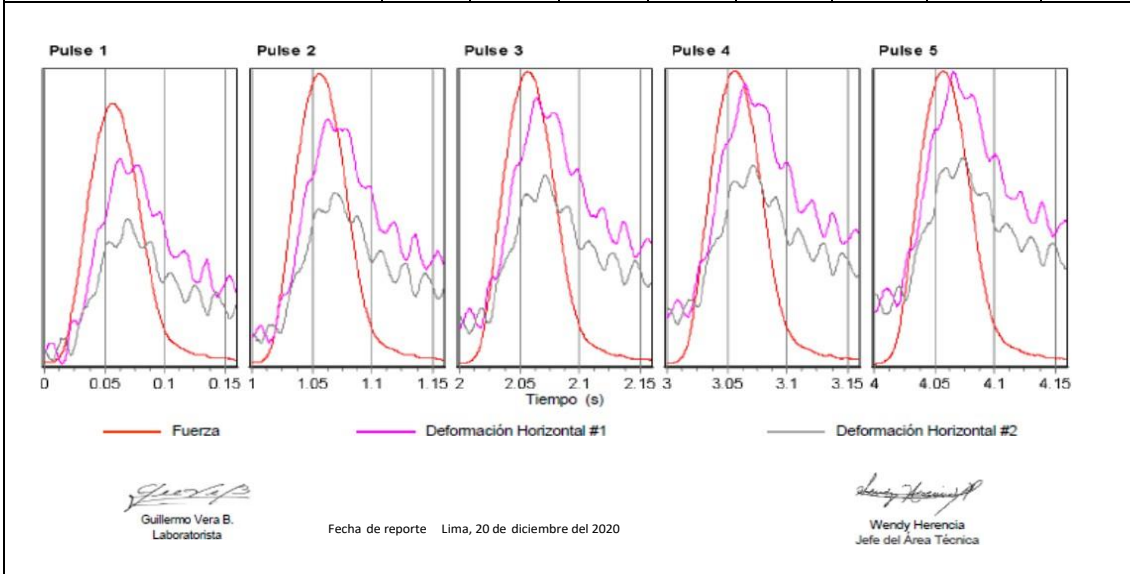
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 25 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 25.3 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DESV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	2512	2380	2377	2367	2365	2400	56.23	2.34
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1377	1494	1497	1495	1498	1472	47.74	3.24
FUERZA DE ASENTAMIENTO	20	23	25	31	27	25	3.7	14.61
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	7.58	8.69	8.72	8.74	8.76	8.5	0.46	5.39
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	3.6	4.16	4.57	4.46	4.28	4.21	0.34	8.06
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	3.99	4.53	4.15	4.28	4.49	4.29	0.2	4.75



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 37 : Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla con Polímeros SBS - 20° C (1)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
091-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON BETUTEC IC -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER : ASFALTO MODIFICADO CON BETUTEC CON SBS	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : 05% de BETUTEC IC	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 61.1 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

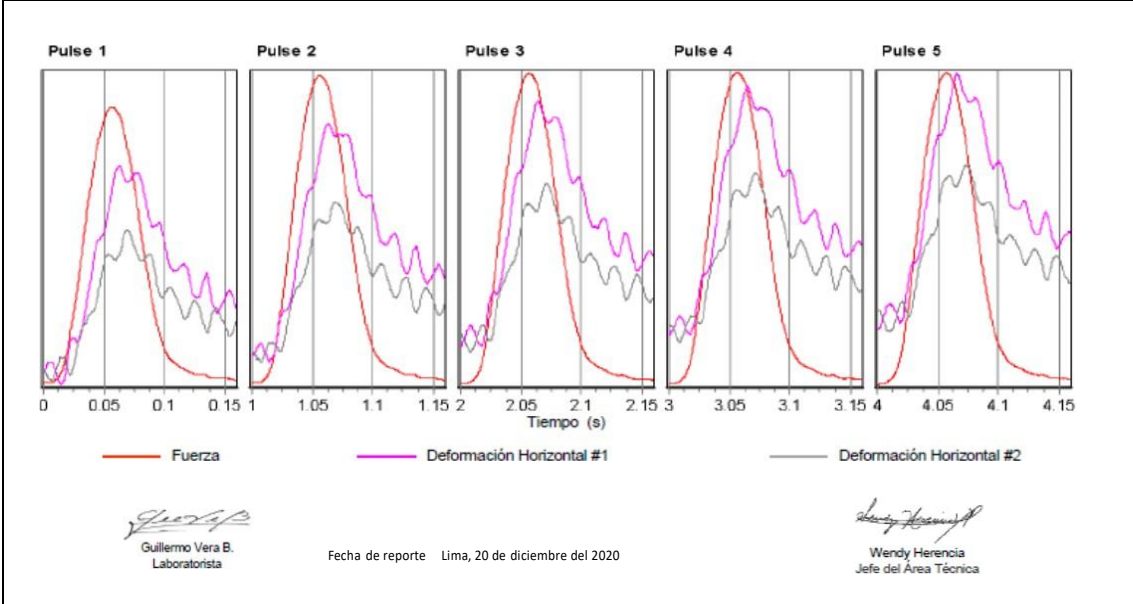
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 19.8 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 20.2 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DESV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	3762	3738	3687	3678	3607	3695	53.67	1.45
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1449	1500	1500	1491	1490	1485	19.16	1.29
FUERZA DE ASENTAMIENTO	19	20	25	30	30	25	4.62	18.5
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	3.99	4.15	4.21	4.2	4.28	4.16	0.1	2.34
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	1.92	2.01	1.83	1.93	2.08	1.95	0.09	4.35
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	2.07	2.14	2.38	2.27	2.19	2.21	0.11	4.76



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 38: Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla con Polímeros SBS - 20° C (2)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
092-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON BETUTEC IC --ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER : ASFALTO MODIFICADO CON BETUTEC CON SBS	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : 05% de BETUTEC IC	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 60.4 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

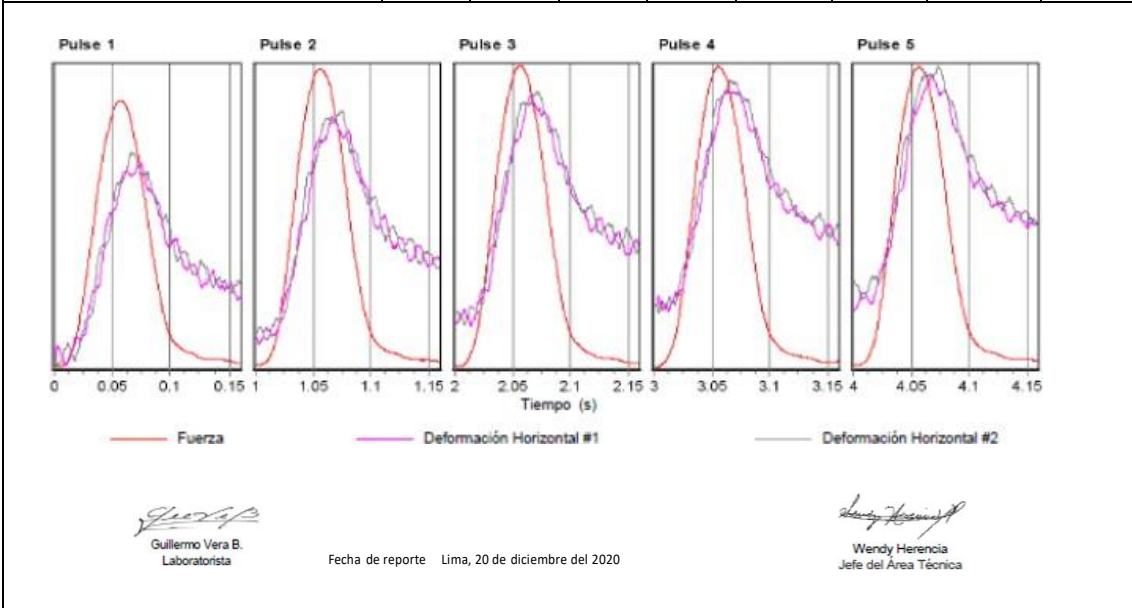
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 19.5 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 19.9 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DESV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	3991	3860	3895	3825	3814	3877	63.64	1.64
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1460	1487	1503	1501	1493	1489	15.75	1.06
FUERZA DE ASENTAMIENTO	21	22	23	25	23	23	1.27	5.57
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	3.8	4.00	4.01	4.07	4.06	3.99	0.1	2.52
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	2.3	2.38	1.84	2.04	2.54	2.22	0.25	11.25
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	1.49	1.62	2.17	2.03	1.53	1.77	0.28	15.75



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 39: Ensayo de Módulo de Resiliente Mezcla con Polímeros SBS - 20° C (3)



EXPEDIENTE M.R. / LMA
093-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSION INDIRECTA
NORMA: AASHTO T - 31

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CONVENCIONAL 85/100 -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER : ASFALTO MODIFICADO CON BETUTEC CON SBS	DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2424 Kg/m3
ASFALTO : 05% de BETUTEC IC	

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100.0 mm	ÁREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
ALTO : 61.1 mm	

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 °C	NÚMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL	CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 ms	CARGA CÍCLICA : 1500 (N)
PERIODO DE DESCANSO : 900 ms	COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 ms	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 25°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

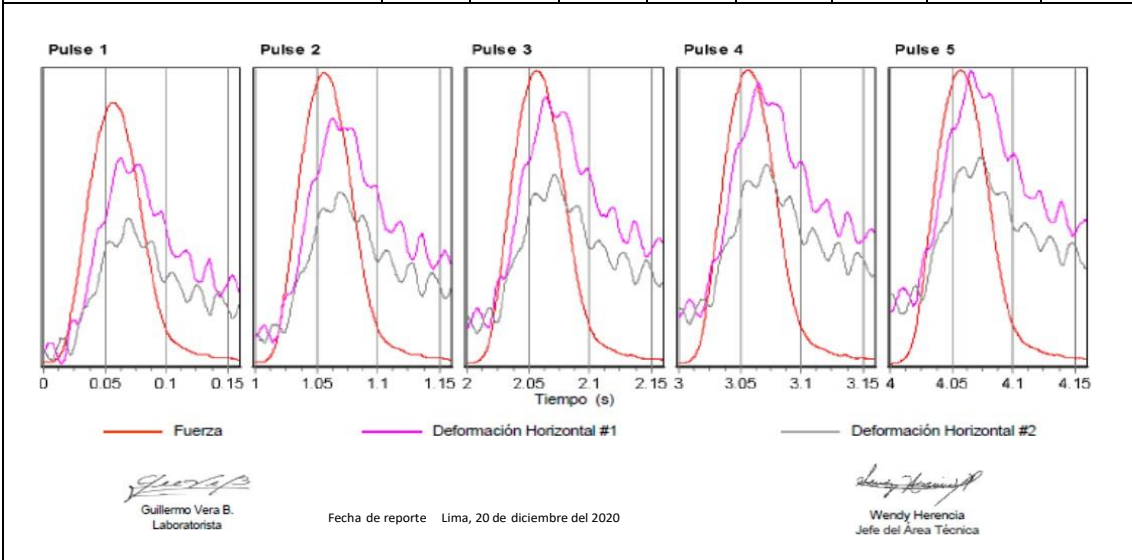
FECHA Y HORA DE INICIO :

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5

TEMPERATURA DEL NUCLEO : 24.9 °C

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 25.1 °C

RESULTADOS DEL ENSAYO	PULSO 1	PULSO 2	PULSO 3	PULSO 4	PULSO 5	MEDIA	DEV. STAND.	%CV
MÓDULO RESILIENTE (Mpa)	2751	2644	2570	2539	2551	2611	79.15	3.03
FUERZA DE CARGA PICO (N)	1334	1488	1502	1507	1509	1468	67.36	4.5917
FUERZA DE ASENTAMIENTO	24	24	20	18	15	20	3.61	17.7
DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE	4.92	5.72	5.93	6.03	6	5.72	0.41	7.23
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (um)	2.89	3.56	3.7	3.97	3.97	3.62	0.4	11.12
DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (um)	2.03	2.16	2.23	2.06	2.06	2.1	0.09	4.07



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 40: Ensayo de Rueda de Hamburgo - Mezcla Convencional



EXPEDIENTE R.H. / LMA
075-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO
PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS
NORMA: AASHTO T - 324

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CONVENCIONAL 85/100-ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO	: CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN	: COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER	:	PORCENTAJE DE VACIOS	: 6.7 %
ASFALTO	: PEN 85/100	CONTENIDO DE ASFALTO	: 5.8 %
DENSIDAD MÁXIMA TEORICA	: 2435 Kg/m3		

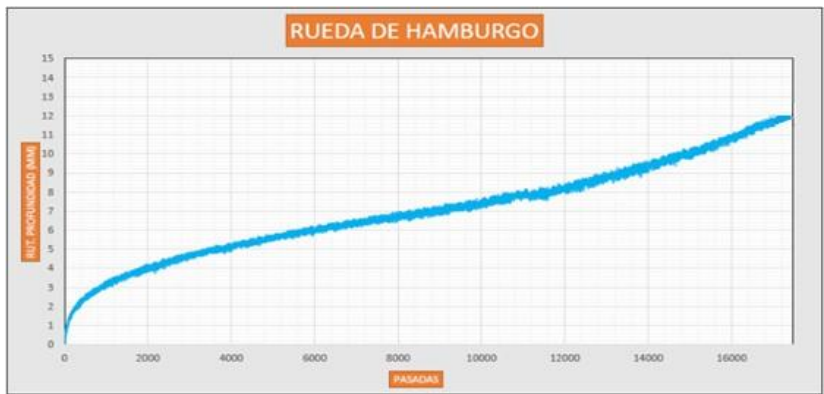
DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

PRUEBA	: 80	TEMPERATURA DE ENSAYO	: 50 °C
TIPO DE MUESTRA	: Doble Núcleos	NÚMERO MAX. PASADAS	: 20000 pasadas
NOMBRE DE LA MUESTRA	:	PROFUNDIDAD MÁXIMA	: 12.5 mm
DIÁMETRO	: 150.0 mm	VELOCIDAD DE LA RUEDA	: 52 pasadas / min
ESPESOR	: 60.0 mm	OPERADOR	: R.E.

RESULTADOS FINALES

PROFUNDIDAD FINAL RUT.	: 11.93 mm		
TIPO DE MEDIO TERMICO	: AGUA		
FEEDBACK UTILIZADO.	: EN EL TANQUE		
TEMPERATURA MÁXIMA	: 50.5 °C		
TEMPERATURA MÍNIMA	: 50.0 °C	PASADAS	: 20000

OBSERVACIONES
 ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324



Guillermo Vera B.
 Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte: Lima, 20 de diciembre del 2020

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 41: Ensayo de Rueda de Hamburgo - Mezcla con Polímeros SBS



EXPEDIENTE R.H. / LMA
076-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO
PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS
NORMA: AASHTO T - 324

PROYECTO : TESIS "MEJORAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO DEL AEROPUERTO DE AYACUCHO USANDO MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE MODIFICADA CON POLIMEROS - 2020"
 UBICACIÓN : AEROPUERTO DE AYACUCHO
 SOLICITANTE : GOMEZ PRADO ERIC
 REFERENCIA : PROPORCIONES DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO MODIFICADO BETUTEC IC -ENVIADOS POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 15/12/2020

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANTERA COMPAÑIA	TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER : 0.5% BETUTEC IC	PORCENTAJE DE VACIOS : 6.6 %
ASFALTO : ASFALTO MODIFICADO CON SBS	CONTENIDO DE ASFALTO : 5.8 %
DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2422 Kg/m3	

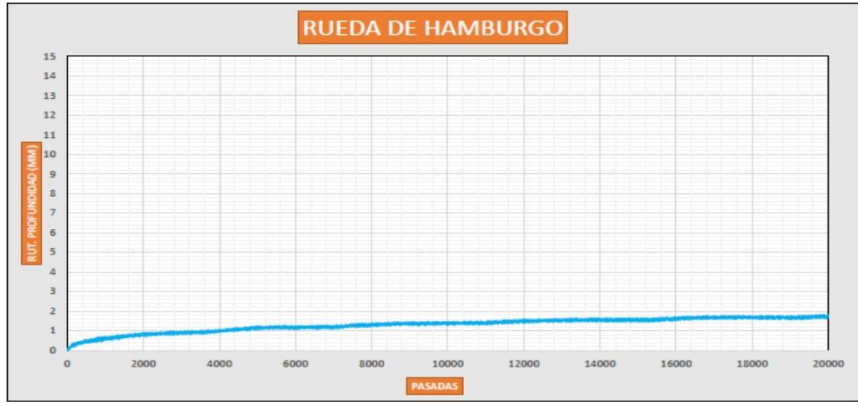
DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

PRUEBA : 80	TEMPERATURA DE ENSAYO : 50 °C
TIPO DE MUESTRA : Doble Núcleos	NÚMERO MAX. PASADAS : 20000 pasadas
NOMBRE DE LA MUESTRA :	PROFUNDIDAD MÁXIMA : 12.5 mm
DIÁMETRO : 150.0 mm	VELOCIDAD DE LA RUEDA : 52 pasadas / min
ESPESOR : 60.0 mm	OPERADOR : R.E.

RESULTADOS FINALES

PROFUNDIDAD FINAL RUT. : 1.73 mm	
TIPO DE MEDIO TERMICO : AGUA	
FEEDBACK UTILIZADO. : EN EL TANQUE	
TEMPERATURA MÁXIMA : 50.5 °C	
TEMPERATURA MÍNIMA : 50.0 °C	PASADAS : 20000

OBSERVACIONES
 ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324



Guillermo Vera B.
 Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 20 de diciembre del 2020

Fuente: Elaboración propia