

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



**COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
ENTRE MEZCLAS CONVENCIONALES Y MEZCLAS CON ADITIVO,
EN LA AVENIDA JORGE BASADRE, TRAMO IV, TACNA -2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. Sandro Midward Paredes Zavala

ORCID 0009-0007-0920-5108

Asesor:

Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez

ORCID: 0000-0002-6766-7665

**Para obtener el grado académico de:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA**

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



**COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
ENTRE MEZCLAS CONVENCIONALES Y MEZCLAS CON ADITIVO,
EN LA AVENIDA JORGE BASADRE, TRAMO IV, TACNA -2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. Sandro Midward Paredes Zavala

ORCID 0009-0007-0920-5108

Asesor:

Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez

ORCID: 0000-0002-6766-7665

Para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TESIS

**“COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
ENTRE MEZCLAS CONVENCIONALES Y MEZCLAS CON ADITIVO,
EN LA AV. JORGE BASADRE, TRAMO IV, TACNA – 2024”**

Presentada por:

Bach. Sandro Midward Paredes Zavala

Tesis sustentada y aprobada el 06 de enero de 2026, ante el siguiente jurado examinador.

PRESIDENTE: Dr. Anibal Juan Espinoza Aranciaga

SECRETARIO: Mtro. Alfonso Oswaldo Flores Mello

VOCAL: Dr. Genner Alvarito Villarreal Castro

ASESOR: Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo Sandro Midward Paredes Zavala, en calidad de: egresado de la Maestría en INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 01314777. Soy autor (a) de la tesis titulada: COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE ENTRE MEZCLAS CONVENCIONALES Y MEZCLAS CON ADITIVO, EN LA AV. JORGE BASADRE, TRAMO IV, TACNA – 2024, con asesor al Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de Maestro, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni particularmente para la obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

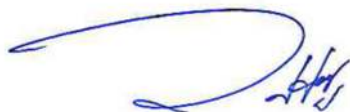
Asimismo, declaro no haber transgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 15% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor(a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes de plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de las facultades y asumiendo las responsabilidades de ella deriva.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por sobre los derechos de la obra o intención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo

declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.



Lugar y fecha : Tacna, 06 de enero del 2026
Nombres y apellidos : Sandro Midward Paredes Zavala
DNI : 01314777

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme y guiarme en todo momento, más aún en los momentos difíciles que me tocó pasar y sacarme de ellos por su infinita misericordia, permitiéndome concluir con esta etapa de mi vida.

A mis padres y hermanas, por el apoyo incondicional en las circunstancias más adversas y cumplir mis metas.

A mi familia, esposa y mis cuatro hijos, que son la inspiración, soporte para cumplir este logro.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecimiento a Dios por ser guía de cada uno de nuestros pasos y darnos fortaleza para levantarnos de nuestras caídas. A mis padres, por los consejos recibidos y el apoyo incondicional.

A mi familia y amigos, por la inspiración para concretar una etapa y ser un mejor profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1. Interrogante principal:.....	4
1.2.2. Interrogantes específicas:.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.....	15
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. HIPÓTESIS.....	20
3.1.1. Hipótesis general:.....	20
3.1.2. Hipótesis específicas:.....	20
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	20
3.2.1. Identificación de variable (s) independiente (s):.....	20
3.2.2. Identificación de variable (s) dependiente (s):.....	21
3.2.3. Variables intervinientes (opcional).....	21

3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
3.4.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	23
3.5.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.6.	ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.7.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	24
3.7.1.	Unidad de estudio	24
3.7.2.	Población	24
3.7.3.	Muestra	24
3.8.	PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	24
3.8.1.	Procedimiento.....	24
3.8.2.	Técnicas	25
3.8.3.	Instrumentos	26
CAPÍTULO IV RESULTADOS		28
4.1.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DE CAMPO	28
4.1.1.	Descripción del área de estudio.....	28
4.1.	DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	30
4.2.1.	Con relación al objetivo específico 1	30
4.2.2.	Con relación al objetivo específico 2	32
4.2.3.	Con relación al objetivo específico 3	34
4.3.	RESULTADOS.....	36
4.3.1.	Resultados para el objetivo específico 1	36
4.3.2.	Resultados para el objetivo específico 2	37
4.3.3.	Resultados para el objetivo específico 3	41
4.4.	PRUEBA ESTADÍSTICA	44
4.4.1.	Prueba estadística para el objetivo específico 1	45
4.4.2.	Prueba estadística para el objetivo específico 2	49
4.4.3.	Prueba estadística para el objetivo específico 3	50
4.5.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	51
4.5.1.	Hipótesis general	52
4.5.2.	Hipótesis específica 1	52
4.5.3.	Hipótesis específica 2	53

4.5.4. Hipótesis específica 3	54
4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
4.6.1. Respecto al objetivo específico 1	54
4.6.2. Respecto al objetivo específico 2	55
4.6.3. Respecto al objetivo específico 3	56
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS	61
APÉNDICE.....	64
Matriz de Consistencia	64
ANEXOS	66
Anexo 1: Certificado de laboratorio.....	67
Anexo 2: Análisis de agregados para el diseño.....	73
Anexo 3: Diseño de mezcla asfáltica en caliente.....	90
Anexo 4: Ilustraciones fotográficas	109
Anexo 5: Planos	118
Anexo 6: Ficha técnica de cemento asfáltico.....	120
Anexo 7: ficha técnica del aditivo Quimibond 3000.....	129
Anexo 8: Certificado de calibración	132

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 VARIABLES INDEPENDIENTES, DIMENSIONES E INDICADORES	22
TABLA 2 VARIABLES DEPENDIENTES, DIMENSIONES E INDICADORES	22
TABLA 3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
TABLA 4 REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS GRUESO, TABLA 423-01.	31
TABLA 5 REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS FINO, TABLA 423-02.	31
TABLA 6 GRADACIÓN PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	32
TABLA 7 REQUERIMIENTO EN ADHERENCIA EN AGREGADOS, TABLA 423-01.	33
TABLA 8 EMPLEO SERÁ SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN.	33
TABLA 9 REQUISITOS PARA MEZCLAS DE CONCRETO BITUMINOSO.	35
TABLA 10 REQUISITOS DE ESTABILIDAD Y FLUJO PARA MEZCLAS DE CONCRETO BITUMINOSO.	35
TABLA 11 REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS GRUESO, TABLA 423-01.	36
TABLA 12 REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS FINO, TABLA 423-02.	37
TABLA 13 INFORMACIÓN REPORTE: ENSAYOS DEL ASFALTO SOLIDO 60/70 PEN.	38
TABLA 14 ESPECIFICACIONES DEL ADITIVO QUIMIBOND 3000.	39
TABLA 15 RESULTADOS DE LA ADHERENCIA EN AGREGADOS CONVENCIONAL.	40
TABLA 16 RESULTADOS DE LA ADHERENCIA EN AGREGADOS CON ADITIVO.	40
TABLA 17 RESULTADOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	41
TABLA 18 RESULTADOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON ADITIVO	42
TABLA 19 RESULTADOS MÉTODO MARSHALL DE LA MEZCLA CONVENCIONAL.	43
TABLA 20 RESULTADOS DEL MÉTODO MARSHALL DE LA MEZCLA CON ADITIVO.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	ESQUEMA DE MACRO LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
FIGURA 2	ESQUEMA DE MICRO LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
FIGURA 3	ESQUEMA DE LA DELIMITACIÓN DEL TRAMO IV.	30
FIGURA 4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CEMENTO ASFALTICO - PETROPERÚ	34
FIGURA 5	DESCRIPCIÓN GRAFICA DEL RESULTADO DE DURABILIDAD.	45
FIGURA 6	DESCRIPCIÓN GRAFICA DEL RESULTADO DE ABRASIÓN.	46
FIGURA 7	DESCRIPCIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD	46
FIGURA 8	DESCRIPCIÓN GRAFICA DEL RESULTADO DE ADHERENCIA.	46
FIGURA 9	DESCRIPCIÓN GRAFICA RESULTADO PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS.	47
FIGURA 10	DESCRIPCIÓN GRAFICA DEL RESULTADO DE CARAS FRACTURADAS.	47
FIGURA 11	DESCRIPCIÓN GRAFICA DEL RESULTADO EQUIVALENTE DE ARENA.	48
FIGURA 12	DESCRIPCIÓN GRAFICA DEL RESULTADO ÍNDICE DE PLASTICIDAD.	48
FIGURA 13	GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DEL ADITIVO EN LA ADHERENCIA	49
FIGURA 14	RESULTADO GRÁFICO DE LA INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD	50
FIGURA 15	RESULTADO GRÁFICO DE LA INFLUENCIA EN EL FLUJO	51

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar el comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente, comparando mezclas convencionales con aquellas que incluyen aditivos en la Avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna – 2024. La investigación, de carácter básico y enfoque cuantitativo con diseño experimental, demuestra que la incorporación de aditivos mejora significativamente la adherencia, estabilidad y fluidez de las mezclas asfálticas en caliente. Los resultados indican que, aunque el porcentaje de adherencia del agregado grueso se encuentra en el límite mínimo del 95% requerido por el manual del MTC, la adición del aditivo QUIMIBOND 3000 ha sido efectiva, incrementando la adherencia en un 5%, la estabilidad en un 14.7% y el flujo en un 20%. Estas mejoras sugieren que el uso de aditivos puede tener un impacto positivo en la calidad y durabilidad de los pavimentos, potencialmente aumentando la vida útil y reduciendo la necesidad de mantenimiento. Los hallazgos subrayan la importancia de los aditivos en la producción de mezclas asfálticas y sugieren que su aplicación puede ser beneficiosa en futuros proyectos viales para optimizar la infraestructura en la región.

Palabras clave: Mezcla asfáltica en caliente, mezclas convencionales, mezclas con aditivo

ABSTRACT

The objective of this thesis is to evaluate the behavior of hot asphalt mixtures, comparing conventional mixtures with those that include additives on avenue Jorge Basadre, section IV, Tacna – 2024. The research, of a basic nature and quantitative approach with experimental design, demonstrates that the incorporation of additives significantly improves the adhesion, stability and fluidity of hot asphalt mixtures. The results indicate that, although the adhesion percentage of the coarse aggregate is within the minimum limit of 95% required by the MTC manual, the addition of the QUIMIBOND 3000 additive has been effective, increasing the adhesion by 5%, the stability in 14.7% and the flow by 20%. These improvements suggest that the use of additives can have a positive impact on the quality and durability of pavements, potentially increasing the useful life and reducing the need for maintenance. The findings underline the importance of additives in the production of asphalt mixtures and suggest that their application may be beneficial in future road projects to optimize infrastructure in the region.

Keywords: Hot asphalt mixes, conventional mixes, mixes with additive.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se enfoca en una evaluación exhaustiva del comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente, comparando mezclas convencionales con aquellas que incorporan aditivos, específicamente en la Avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna – 2024. Este estudio, caracterizado por su enfoque cuantitativo y diseño experimental riguroso, busca proporcionar una comprensión detallada de cómo los aditivos pueden influir en las propiedades de las mezclas asfálticas, con particular atención a la gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC - 2). Los hallazgos revelan que la adición de aditivos, en particular el QUIMIBOND 3000, produce mejoras significativas en adherencia, estabilidad y fluidez. Aunque el porcentaje de adherencia del agregado grueso se encuentra en el límite inferior del 95% requerido por el manual del MTC, el aditivo QUIMIBOND 3000 ha demostrado ser altamente efectivo, la aplicación de 0.5% ha incrementado la adherencia en un 5%, la estabilidad en un 14.7% y el flujo en un 20%. Estos resultados evidencian que la incorporación de aditivos no solo optimiza el rendimiento de las mezclas asfálticas, sino que también mejora notablemente la calidad y durabilidad de los pavimentos, prolongando su vida útil y reduciendo la frecuencia de mantenimiento. La investigación subraya la importancia de utilizar aditivos en la producción de mezclas asfálticas y sugiere que su integración en futuros proyectos viales puede ser fundamental para reforzar y optimizar la infraestructura vial en la región, garantizando pavimentos más duraderos y resilientes. Este estudio se ha constituido por capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I - El Problema: Este capítulo presenta el problema central de la investigación, que se enfoca en la calidad de los agregados para mezclas asfálticas en caliente convencionales. Se identifican los objetivos, la justificación y las hipótesis del estudio. La investigación revela que, aunque los agregados cumplen

con las especificaciones, su adherencia está en el límite mínimo aceptable. Para abordar esta deficiencia, se propone el uso del aditivo QUIMIBOND 3000 con el objetivo de mejorar la adherencia, estabilidad y fluidez de las mezclas asfálticas. Se destaca la necesidad de este estudio para optimizar la calidad y durabilidad de los pavimentos y se establecen las hipótesis que guiarán la evaluación del impacto del aditivo.

Capítulo II - Marco Teórico: Este capítulo ofrece una revisión detallada de la literatura sobre mezclas asfálticas en caliente, incluyendo la calidad de los agregados, la adherencia y el uso de aditivos adherentes. Se presentan definiciones clave, teorías y estudios previos que fundamentan la investigación, con énfasis en el aditivo QUIMIBOND 3000 y los métodos aplicados en investigaciones similares. Esta base teórica proporciona el contexto necesario para evaluar el impacto de los aditivos en las propiedades de las mezclas asfálticas.

Capítulo III - Metodología: Este capítulo describe el diseño experimental y el tipo de investigación adoptado, que incluye un enfoque cuantitativo y un diseño experimental riguroso. Se detalla el proceso de muestreo de agregados, la caracterización de sus propiedades físico-mecánicas, y los procedimientos para la aplicación de mezclas asfálticas en caliente. Además, se explican las técnicas de análisis utilizadas para evaluar el impacto del aditivo QUIMIBOND 3000 en las propiedades de las mezclas asfálticas, incluyendo los métodos para medir adherencia, estabilidad y fluidez.

Capítulo IV - Resultados: Este capítulo se exponen los resultados obtenidos de los ensayos y pruebas realizadas. Se presentan tablas, gráficos y análisis estadísticos que ilustran el impacto del aditivo QUIMIBOND 3000 en los agregados y en las mezclas asfálticas en caliente. Se destaca un incremento significativo en los valores de adherencia, estabilidad y flujo de las mezclas, evidenciando la eficacia del aditivo en mejorar las propiedades físico-mecánicas de las mezclas asfálticas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al enfocarse en la selección adecuada de materiales y en la comprensión del comportamiento del suelo, las ciudades pueden desarrollar infraestructuras viales más duraderas, resistentes y sostenibles. Estos enfoques no solo contribuyen a una mayor calidad de vida para los ciudadanos al minimizar el deterioro de las avenidas y reducir los costos de mantenimiento, sino que también favorecen una gestión más eficiente de los recursos y disminuyen el impacto ambiental, en línea con los principios fundamentales de las ciudades sostenibles. La composición variada de las mezclas asfálticas, principalmente la adherencia de los áridos, junto con las limitaciones para su mantenimiento, plantea la necesidad de evaluar cómo la estabilidad de la carpeta asfáltica y sus materiales, especialmente la gradación del agregado grueso, pueden influir en la calidad de las vías.

Mejorar la calidad de la mezcla asfáltica mediante el tratamiento de los agregados optimiza la resistencia y adherencia del pavimento, lo que reduce el deterioro y la necesidad de mantenimiento. Esto mejora la seguridad, comodidad y fluidez del tráfico, reduciendo los tiempos de viaje y accidentes. Además, contribuye a la sostenibilidad al disminuir la frecuencia de reparaciones y el uso de recursos naturales. Este desafío se evidencia en varias avenidas de Tacna, destacando la avenida Jorge Basadre, cuyo proyecto está alineado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 09, específicamente con los objetivos 19 y 21, relacionados con el desarrollo sostenible, la gestión ambiental y la infraestructura urbana. Al respecto Peña (2019), indica que, a

nivel mundial los pavimentos flexibles son una alternativa más económica. Sin embargo, no son tan efectivas al reducir su durabilidad, lo cual genera incomodidad en los usuarios que hacen uso de las vías. Sobre el tema Quispe (2022), menciona sobre, que las carreteras pavimentadas son de importancia en el crecimiento económico de un país, sin embargo, el mantenimiento de estos es de costos elevados, y permitir la conservación la transitabilidad óptima de los usuarios.

Conde & Palomino (2022), hace referencia que las vías son una infraestructura importante para el crecimiento descentralizado, indicando que la calidad de los agregados, son el elemento esencial para una mezcla asfáltica óptima. Lo que con el tiempo se ha dado la importancia correspondiente para tener buenos resultados y mejorar las conexiones de las infraestructuras viales.

Condezo & Prado (2020), en su investigación menciona que El diseño de la mezcla asfáltica en caliente se preparó agregando el aditivo adhesivo. La medida permitió mejorar la adherencia entre el árido y el asfalto, evitando la formación de bolsas de agua que impedirían que el cemento asfáltico se adhiriera al árido. Además, les permitió optimizar su comportamiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Interrogante principal:

¿Cómo es el comportamiento de mezclas asfálticas en caliente entre mezclas convencionales y mezclas con aditivo, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna -2024?

1.2.2. Interrogantes específicas:

- ¿Cómo se caracterizan las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para mezclas asfálticas en caliente, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024?
- ¿Cómo incide el aditivo de adherencia en los agregados para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024?
- ¿Cómo incide el aditivo de adherencia en la estabilidad y flujo de mezclas

de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La razón detrás de este proyecto tiene un fuerte fundamento social, ya que una vez que esté completado, los usuarios podrán disfrutar de una vía más segura y con tiempos de viaje reducidos. Este aspecto también ha sido respaldado por Conde & Palomino (2022), quienes señalan que los altos costos asociados con la construcción de una carretera a nivel de afirmado se ven compensados por los beneficios en términos de mantenimiento, lo que facilita un flujo continuo de tráfico. Además, desde una perspectiva ambiental, el proyecto se justifica a la luz de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 09 y 11 (CEPLAN, 2021), los cuales destacan la importancia del desarrollo sostenible, la gestión ambiental (objetivo 19), así como el desarrollo de infraestructura y vivienda (objetivo 21). Estos aspectos están estrechamente relacionados con los objetivos de investigación planteados, lo que subraya aún más la relevancia y el valor del estudio.

Asimismo, se justifica tecnológicamente en la medida que, la materia asfáltica está enfocada en el desarrollo de carpetas asfálticas con mayor duración (Instituto Mexicano del Transporte, 2001), siendo viable y con valor teórico la aplicación en la solución de problemas, que permitirá establecer una solución práctica e innovadora en el ámbito rural de la ciudad de Tacna.

Metodológicamente, el proyecto se justifica al plantear una solución adecuada y con sustento normativo en el distrito y provincia de la ciudad de Tacna, iniciando con la caracterización de las propiedades físico mecánica de los suelos, la relación de emulsión asfáltica con estos suelos y finalmente su influencia en el servicio de transitabilidad vehicular, impulsando la aplicación de normativa del manual de carreteras del MTC e innovando las redes viales rurales de la ciudad de Tacna. Además, que el proyecto busca inicialmente, caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos bajo el entorno

de su respuesta estructural en pavimentos en caliente, y particularmente las gradaciones según el MTC para ver cómo influyen en la mezcla en caliente.

Esta investigación tiene una justificación práctica porque podrá ser replicado y utilizado por empresas públicas y privadas para el mejoramiento de vías de comunicación terrestre, por el aporte tecnológico e innovador a la solución del problema de deterioro de vías. Finalmente, con los resultados que obtendremos se determinará el comportamiento por incidencia del tipo de suelos de sub rasante, asimismo, servirá como antecedentes para otras investigaciones que se pueden realizar.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento de mezclas asfálticas en caliente entre mezclas convencionales y mezclas con aditivo, en la avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna - 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para mezclas asfálticas en caliente, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024.
- Determinar la incidencia del aditivo de adherencia en los agregados para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024.
- Determinar la incidencia del aditivo de adherencia en la estabilidad y flujo de mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes internacionales

Maila (2013) en su tesis “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)” El estudio que mencionas parece ser una investigación destinada a evaluar y comparar las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas convencionales con aquellas modificadas con polímero Etileno Vinil Acetato (EVA). Concluye, que Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio indican una mejora significativa en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con polímero EVA en comparación con la mezcla convencional. Estas mejoras incluyen un aumento notable en el módulo dinámico elástico, la resistencia a la tensión indirecta, la resistencia a la pérdida por desgaste, la estabilidad, el flujo y la susceptibilidad térmica de la mezcla modificada. Esto sugiere que la incorporación de EVA mejora la durabilidad y el desempeño general de la mezcla asfáltica. La composición óptima de la mezcla modificada, como se determinó en la investigación, consiste en un 60% de agregado grueso, un 40% de agregado fino, un 6.3% de asfalto y un 3% de polímero EVA (en peso de asfalto). Esta proporción específica parece ser la más efectiva para lograr las mejoras deseadas en las propiedades mecánicas de la mezcla. Se destaca que el incremento del módulo dinámico elástico hasta en un 40% con respecto a la mezcla convencional es especialmente notable. Dado que el módulo dinámico elástico es una propiedad crucial en el diseño de pavimentos, este aumento significativo indica una mejora sustancial en la capacidad estructural de la mezcla. Esto tiene implicaciones importantes en la construcción de pavimentos

más duraderos y resistentes, ya que permite la utilización de carpetas asfálticas de menor espesor sin comprometer la capacidad estructural requerida. En resumen, la mezcla asfáltica modificada con polímero EVA presenta mejoras sustanciales en sus propiedades mecánicas, lo que sugiere que su uso puede conducir a una reducción significativa de los daños viales y a la construcción de pavimentos más duraderos y económicos. (p.158).

Urrego & Ruiz (2016) en su investigación “Determinación de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de peña y río”, explica que está llevando a cabo un estudio para analizar el comportamiento de los agregados pétreos, incluyendo agregado de río, agregado de peña y sus mezclas, mediante ensayos de tracción indirecta y Riedel Weber. El propósito es determinar el porcentaje de resistencia retenida para diferentes tipos de cementos asfálticos, particularmente aquellos con valores de penetración en los rangos de 40-50, 60-70 y 80-100 décima de milímetro. Este estudio busca cumplir con los requisitos de verificación del diseño preliminar establecidos en las tablas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), específicamente en relación con el porcentaje de resistencia conservada, como requisito de verificación del diseño de mezclas asfálticas, que está relacionado con el valor mínimo de porcentaje de adherencia exigido por la norma. Si necesitas ayuda con algún aspecto específico de tu investigación o tienes alguna pregunta en particular, estaré encantado de ayudarte. Concluyendo que ha obtenido resultados prometedores en su investigación. La mezcla de agregados de río y de peña parece ser complementaria, generando excelentes valores de adhesividad en los cementos asfálticos evaluados. Este tipo de hallazgos son muy valiosos para la industria de la construcción de carreteras, ya que pueden contribuir a mejorar la calidad y durabilidad de las mezclas asfálticas. (p.68).

Antecedentes nacionales

Dayana (2023), en su investigación “Aditivos anti stripping y adherencia de las partículas en pavimentos MAC 2 de tránsito medio, Huancayo 2022” destaca

la creciente importancia del uso de materiales como el aceite de microalgas en la ingeniería de pavimentos y carreteras, como parte de la mezcla asfáltica. El empleo de aditivos anti stripping busca mejorar la adherencia y el comportamiento de esta mezcla, incrementando sus propiedades mecánicas, el porcentaje de adherencia y la resistencia al desgaste. En este estudio, se empleó el cemento asfáltico PEN 85-100 con microalgas mejorado con anti stripping (Demul A, Quimibond 3000 y Adhesol 5000). La metodología Marshall se utilizó para determinar las propiedades mecánicas, mientras que el método de caracterización de ligantes se empleó para evaluar el porcentaje de pérdida por desgaste. Además, se realizó el ensayo de bandeja de agregados para determinar la adherencia con los aditivos anti stripping. Con los aditivos Demul A, Quimibond 3000 y Adhesol 5000, se logró un porcentaje promedio máximo de adherencia de 87%, 85% y 94%, respectivamente. Estos resultados indican el comportamiento de las partículas frente al ligante asfáltico con los aditivos anti stripping mencionados. La composición de la mezcla asfáltica estudiada incluye asfalto PEN 85-100 con aceite de microalgas y adición de los aditivos mencionados, dosificados con respecto al total del ligante asfáltico. Los porcentajes de adherencia obtenidos en el ensayo de bandeja fueron del 87% con Demul A (0.5% de adición al asfalto), 85% con Quimibond 3000 (0.5% de adición al asfalto) y 94% con Adhesol 5000 (0.5% de adición al asfalto). En resumen, se determinó que el aditivo Adhesol 5000 funcionó como un mejorador de adherencia en este estudio. (p.175)

Alfaro & Jauregui (2022), en su investigación “Uso de Mejoradores de Adherencia en Mezclas Asfálticas Modificadas para Mitigar la Deformación Permanente Inducida por la Humedad” menciona que, en su investigación, se buscó evaluar el uso del mejorador de adherencia DOPE Concentrado D.08 en mezclas asfálticas modificadas con estireno butadieno estireno (SBS) para reducir la deformación causada por la humedad. Se inició con la caracterización de los agregados, asegurando que los resultados obtenidos cumplieran con las especificaciones establecidas en las EG 2013 del MTC. Posteriormente, considerando el tipo de agregado utilizado, se procedió al

diseño de una mezcla modificada con polímeros estireno butadieno estireno (SBS), cumpliendo con todos los requisitos y parámetros establecidos para una mezcla de concreto bituminoso, según lo especificado en el manual de carreteras EG-2013. Concluyendo que el cumplimiento de los requisitos establecidos por el Manual de Carreteras EG-2013 para los agregados y el diseño de la mezcla asfáltica asegura un diseño adecuado y un desempeño aceptable frente a la acción del agua. Tanto la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS como la mezcla con el aditivo mejorador de adherencia superan el valor TSR% del 75%, cumpliendo así con el mínimo requerido por la norma AASHTO T 283 y el EG-2013 (p.95).

Vasquez (2023), en su investigación “Análisis Comparativo del Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente para Pavimento Flexible Urbano empleando Aditivos Adherentes Adhesol3000, Bitucoteplus y Quimibond3000” hace referencia que su investigación se centró en una comparación del diseño de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles urbanos, utilizando los aditivos adherentes Adhesol 3000, Bitucote Plus y Quimibond 3000. Se incorporó un 0.50% en peso del ligante asfáltico de cada aditivo para identificar cuál de ellos optimiza el rendimiento físico y mecánico de la mezcla asfáltica en caliente, con el objetivo de seleccionar el aditivo más efectivo para su aplicación en pavimentos urbanos. Concluyendo que según el diseño de la mezcla asfáltica con un 0.50% del aditivo Adhesol 3000 muestra la menor resistencia a la deformación, ya que presenta un flujo de 8.09 mm con una carga de 11.65 kN. En comparación, los otros dos aditivos, Quimibond 3000 y Bitucote Plus, ofrecen un rendimiento superior, mostrando flujos de 8.1 mm y 8.2 mm, respectivamente, y cargas de 11.9 kN y 12.1 kN (p.82).

2.2. BASES TEÓRICAS

Mezclas asfálticas en caliente (variable independiente)

Las mezclas asfálticas en caliente (MAC), son una combinación de áridos minerales, filler y asfalto que se mezclan a altas temperaturas

(aproximadamente entre 150°C y 190°C) antes de ser colocadas y compactadas en una superficie para la construcción de carreteras, pavimentos u otras estructuras. Este tipo de mezcla se utiliza comúnmente en la industria de la construcción de carreteras debido a su durabilidad y resistencia a las deformaciones por carga y a la fatiga causada por el tráfico. Según el Instituto Mexicano del Transporte (2001), la mezcla de asfalto en caliente, o mezcla asfáltica en caliente, abarca varios aspectos clave, incluyendo la composición, los procesos de mezcla y aplicación, y las propiedades que deben cumplir para asegurar un rendimiento óptimo, teniendo en cuenta, particularmente:

- **Composición de la mezcla**, formada por los agregados granulares como arena, grava y piedra triturada, éstos proporcionan la estructura y la resistencia a la mezcla. En el estudio de los agregados, la gradación y el tamaño de los agregados son críticos para lograr una mezcla uniforme y duradera. Otro material componente es el asfalto, que es un producto derivado del petróleo que actúa como aglutinante, permitiendo la cohesión de los agregados y proporciona flexibilidad y durabilidad a la mezcla. Finalmente, el relleno de materiales finos, como polvo de piedra o ceniza volátil, que se añaden para mejorar la estabilidad y la densidad de la mezcla.
- **Proceso de mezcla**, donde los agregados y el asfalto se mezclan a altas temperaturas, generalmente entre 150°C y 190°C (300°F y 375°F), para asegurar que el asfalto esté en estado líquido y pueda recubrir de manera uniforme los agregados. La mezcla se realiza en una planta de asfalto utilizando un tambor mezclador o un mezclador de doble eje.
- **Propiedades de la mezcla**, siendo estas, la gradación de agregados, que deben cumplir con las especificaciones de diseño para asegurar que la mezcla tenga la resistencia adecuada y una buena distribución del tamaño de los agregados, que permiten la clasificación en función de la gradación, como mezclas de agregado grueso, fino o una combinación de ambos. El contenido de asfalto debe ajustarse en cantidad, para garantizar que los agregados queden completamente recubiertos y la mezcla tenga la viscosidad adecuada, y por tanto, deben asegurar la durabilidad y la

flexibilidad del pavimento. Otra propiedad es la temperatura de aplicación, que debe asegurar una correcta consolidación, cuidando que, a temperaturas muy bajas, dificultan el trabajo y la compactación, mientras que temperaturas demasiado altas pueden afectar la calidad del asfalto.

- **Propiedades de desempeño**, que se caracterizan por la estabilidad y fluidez, siendo la estabilidad de la mezcla, la capacidad para resistir las cargas aplicadas sin deformarse, y la fluidez (o trabajabilidad) que es la facilidad con la que la mezcla puede ser colocada y compactada. Otra propiedad de desempeño es la durabilidad, permitiendo que la mezcla resista las condiciones climáticas y el tráfico sin presentar signos significativos de desgaste, agrietamiento o deformación. La resistencia a la fatiga permite que la mezcla asfáltica soporte ciclos repetidos de carga sin desarrollar grietas significativas, y finalmente, la resistencia a la deformación permanente permite que la mezcla sea capaz de resistir la formación de huellas de neumáticos y otros tipos de deformaciones permanentes bajo cargas de tráfico.
- **Normas y especificaciones** para las mezclas de asfalto en caliente, están establecidas por organismos de estandarización como ASTM (American Society for Testing and Materials) que proporciona estándares para el ensayo de materiales asfálticos; y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), que normaliza especificaciones y métodos de prueba. Se complementan con normas nacionales, regularmente basadas en las antes indicadas.
- **Control de Calidad**, que se realizan para asegurar que la mezcla cumpla con las especificaciones requeridas. Esto incluye ensayos de laboratorio para verificar la gradación de los agregados, el contenido de asfalto, la densidad y las propiedades de desempeño de la mezcla.

En toda mezcla asfáltica en caliente para pavimentación, el asfalto y el agregado deben ser combinados en proporciones precisas que determinan las características físicas de la mezcla y, en última instancia, su desempeño como pavimento terminado. Para establecer estas proporciones, se utiliza el método

Marshall, que permite ajustar las cantidades de cada componente para lograr las propiedades deseadas (Rondón & Reyes, 2015).

El ensayo Marshall es un método comúnmente empleado para diseñar mezclas asfálticas en la construcción de carreteras, que evalúa la calidad de la mezcla mediante la compactación y prueba de resistencia. El procedimiento incluye la preparación de la mezcla asfáltica según el diseño requerido, su compactación en un molde Marshall a una temperatura específica y con un número determinado de capas, el enfriamiento de la muestra a temperatura ambiente, la extracción de la muestra del molde para medir sus dimensiones, y su colocación en una prensa Marshall para aplicar carga a una velocidad constante. Finalmente, se registra la carga máxima soportada y la deformación correspondiente, lo que permite ajustar la composición de la mezcla para cumplir con los requisitos de resistencia y deformación especificados para su aplicación (MTC, 2014).

Mezclas asfálticas MAC - 1, MAC - 2 y MAC C - 3

Según el MTC (2014), las mezclas asfálticas MAC - 1, MAC - 2 y MAC - 3 son tipos específicos utilizadas en la construcción de pavimentos, cada una diseñada para satisfacer diferentes requisitos de desempeño y aplicaciones. Estas mezclas se caracterizan por sus gradaciones de agregados y propiedades técnicas, que varían según las necesidades particulares del proyecto. La base teórica para cada tipo de mezcla incluye la composición de los agregados, el contenido de asfalto y las propiedades específicas que deben cumplir para garantizar un rendimiento óptimo en condiciones diversas.

Agregados de mezcla asfáltica en caliente (variable dependiente)

Según Rondón & Reyes (2015), en el ámbito de pavimentos, el término técnico “agregados pétreos” hace referencia a un conjunto de partículas inertes que incluyen gravas, arenas, finos y/o fillers, ya sean naturales o triturados. Estos agregados se utilizan en la producción de mezclas asfálticas, concretos hidráulicos y materiales estabilizados, así como en la construcción de capas de terraplén, afirmado, subbase y base granular. En un análisis granulométrico por tamizado, las partículas con diámetros entre 2 mm y 6.4 cm se clasifican como

gravas, las partículas con diámetros de entre 0.075 mm y 2 mm se consideran arenas, pudiendo ser gruesas o finas, y las partículas con diámetros menores a 0.075 mm se clasifican como arcilla. Si estas últimas no presentan plasticidad al entrar en contacto con el agua (índice de plasticidad, $IP = 0$), se les denomina fillers o llenantes minerales (p.38).

De acuerdo al Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 sección 415-02(a) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la composición de mezclas asfálticas en caliente responde al siguiente detalle:

- **Agregados pétreos**, que son utilizados en la elaboración de tratamientos o mezclas bituminosas deben tener propiedades que aseguren la adherencia del material asfáltico aplicado, evitando su desprendimiento debido a la acción del agua y el tránsito. Solo se permitirá el uso de agregados con características hidrófilas si se emplean aditivos específicos que garanticen una adherencia adecuada. Para efectos de estas especificaciones, se definen los agregados en las categorías de agregado grueso (parte del agregado retenida en un tamiz de 4,75 mm, N.º 4) y agregado fino (fracción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 μm , N.º 4 y N.º 200, además de polvo mineral o llenante (material que pasa a través del tamiz de 75 μm , N.º 200).
- **Filler o relleno mineral**, utilizado en las mezclas asfálticas con el propósito de completar la gradación de los agregados finos, cuando estos no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas, se denomina aditivo mineral. Este aditivo se incorpora para ajustar la distribución granulométrica y asegurar que la mezcla final cumpla con los requisitos técnicos establecidos.
- **Gradación para mezcla asfáltica en caliente**, o MAC, debe cumplir con ciertos intervalos granulométricos definidos en las especificaciones EG-2013. Estos intervalos establecen los requisitos para las franjas granulométricas aplicables a la mezcla.
- **Cemento asfáltico**, utilizado en riegos de liga y en mezclas asfálticas en caliente debe clasificarse en función de su viscosidad cinemática,

penetración y los grados de rendimiento (PG). La selección del tipo de cemento asfáltico debe basarse en las características climáticas de la región, y la carta de viscosidad correspondiente. Deberá exhibir una consistencia homogénea, estar libre de agua y no formar espuma al ser calentado a 175°C, según lo señalado Tomo I, sección 415-02 (b) del Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, del MTC.

Aditivos: Adherente y retardadores

El Instituto Mexicano del Transporte (2001), señala que un aditivo adherente para mezclas asfálticas en caliente es un componente añadido para mejorar la adhesión y cohesión de la mezcla, lo que contribuye a una mayor calidad y durabilidad del pavimento. Estos aditivos, que generalmente están basados en polímeros modificados, actúan como agentes ligantes adicionales, ayudando a mantener los agregados unidos y reduciendo la segregación y delaminación. Los beneficios de utilizar estos aditivos incluyen una mayor resistencia al deslizamiento y desgaste, la reducción de grietas y fisuras, una mejor resistencia al agua y a la fatiga por carga, así como una mayor durabilidad y vida útil del pavimento. Es esencial seguir las recomendaciones del fabricante y las especificaciones técnicas locales para asegurar el uso adecuado de estos aditivos.

2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

Pavimento

Es una estructura multicapa diseñada para soportar y distribuir las cargas del tráfico vehicular mientras proporciona una superficie de rodadura segura y cómoda. Está compuesto por varias capas: la subrasante, que se encuentra directamente sobre el terreno natural y ofrece soporte estructural; la subbase, situada sobre la subrasante, que mejora la capacidad portante y facilita el drenaje; la base, colocada sobre la subbase, que distribuye las cargas hacia las capas inferiores y generalmente está formada por materiales granulares; y la

capa de rodadura, la capa superior en contacto con los neumáticos, que debe ser resistente al desgaste, ofrecer tracción y drenar el agua para asegurar un manejo seguro y cómodo. La selección y el diseño de las capas del pavimento dependen de factores como el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas, el tipo de suelo subyacente y los recursos disponibles. Un diseño adecuado del pavimento garantiza una vida útil prolongada y un rendimiento óptimo en términos de seguridad y comodidad para los usuarios de la vía (MTC, 2014).

Análisis mecánico de suelo

El análisis mecánico implica determinar la variedad de tamaños de partículas en un suelo, expresada como un porcentaje del peso seco total (o masa). Para encontrar la distribución del tamaño de las partículas del suelo, se emplean generalmente dos métodos: el análisis de tamiz para partículas con un diámetro mayor a 0.075 mm, y el análisis de hidrómetro para partículas menores a 0.075 mm (Braja, 2015), Estos métodos se basan en principios fundamentales para clasificar las partículas según su tamaño (p.33).

Adherencia

En el contexto de las mezclas asfálticas en caliente (MAC), la adherencia se refiere a la capacidad del ligante asfáltico para mantener una unión efectiva con los agregados en la mezcla. Es una propiedad crucial que asegura que el asfalto no se deslice o se separe de los agregados, lo cual es fundamental para la durabilidad y el desempeño del pavimento (MTC, 2014).

Según Rondon & Reyes (2015), la adherencia en mezclas asfálticas se define como la capacidad del ligante asfáltico para formar una unión efectiva y duradera con los agregados en la mezcla asfáltica. Esta propiedad es esencial para garantizar que el asfalto se mantenga adherido a los agregados bajo condiciones de carga y humedad, evitando la separación y el deslizamiento. La adherencia asegura la integridad estructural del pavimento, minimizando problemas como el desprendimiento de agregados y el deterioro prematuro del pavimento, lo cual es fundamental para la durabilidad y el rendimiento a largo plazo de las mezclas asfálticas.

Estabilidad

La estabilidad se refiere a la capacidad de la mezcla para resistir deformaciones y mantener su forma bajo cargas aplicadas, como las causadas por el tráfico vehicular. Es una propiedad crítica que garantiza que el pavimento asfáltico no se deforme excesivamente, se agriete ni se hunda bajo condiciones de uso normales. La estabilidad se mide generalmente a través de pruebas de laboratorio que simulan las condiciones de carga y tráfico para asegurar que la mezcla mantenga su integridad estructural durante su vida útil (MTC, 2014).

Según Rondon & Reyes (2015), la estabilidad en mezclas asfálticas se define como la capacidad de una mezcla para resistir las deformaciones plásticas bajo cargas aplicadas durante su vida útil. Específicamente, la estabilidad se refiere a la resistencia de la mezcla a los esfuerzos de compresión que se producen por el tráfico vehicular y otros factores operativos. En el contexto de la construcción de pavimentos, una mezcla asfáltica con alta estabilidad es capaz de soportar las cargas sin deformarse o sufrir fallos estructurales, lo cual es fundamental para mantener la integridad y la durabilidad del pavimento.

Flujo

El flujo se refiere a la medida de la deformación que experimenta una muestra de mezcla asfáltica cuando se aplica una carga durante una prueba de laboratorio. Específicamente, el flujo se evalúa durante el ensayo Marshall o la prueba de compresión, donde se mide el desplazamiento vertical de la muestra bajo una carga determinada. Este parámetro es crucial para determinar la capacidad de la mezcla para deformarse bajo carga sin fallar, lo cual afecta su capacidad para soportar el tráfico y las cargas sin desarrollar fisuras o deformaciones excesivas (MTC, 2014).

Según Rondon & Reyes (2015), el flujo en mezclas asfálticas se define como la medida de la deformación plástica que una muestra de mezcla experimenta bajo carga durante una prueba de laboratorio. Específicamente, el flujo se evalúa en el ensayo Marshall, donde se mide el desplazamiento vertical de la mezcla asfáltica cuando se somete a una carga de compresión. Esta

propiedad es importante para asegurar que la mezcla tenga la capacidad adecuada de deformarse bajo cargas sin fallar, lo que influye en la durabilidad y el desempeño del pavimento. Un flujo apropiado indica que la mezcla puede adaptarse a las condiciones de carga sin desarrollar deformaciones excesivas ni fallos estructurales, asegurando una superficie de pavimento funcional y duradera.

Método Marshall modificado Illinois

para evaluar la durabilidad y resistencia al agua de la mezcla (MTC, 2013). El método "Marshall modificado Illinois" se emplea para el diseño y evaluación de mezclas asfálticas en frío, asegurando que cumplan con los criterios de calidad y rendimiento necesarios para la pavimentación, y también se utiliza para suelos estabilizados (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2013). Este procedimiento abarca importantes consideraciones en la preparación de muestras, así como en la mezcla uniforme de agregados y emulsión en el laboratorio, utilizando moldes específicos y compactación según parámetros modificados del método Marshall. Los ensayos de laboratorio realizados incluyen la estabilidad Marshall para medir la resistencia a la deformación bajo carga, el flujo para evaluar la deformación plástica bajo carga, la densidad y peso volumétrico para determinar las características físicas de las probetas, y el contenido de vacíos para valorar la durabilidad y resistencia al agua de la mezcla (MTC, 2013).

Ensayo de estabilidad y flujo (ASTM D1559, AASHTO T 245)

Maylle & Avila (2023), destacan que, al estabilizar los agregados con emulsión asfáltica, es crucial realizar pruebas de estabilidad y fluidez para evaluar cómo la mezcla asfáltica afecta las propiedades mecánicas del agregado. Estas pruebas son fundamentales para medir la capacidad de la mezcla para resistir deformaciones bajo carga. En particular, la prueba de estabilidad determina la carga máxima que la mezcla asfáltica puede soportar antes de fallar, mientras que la prueba de fluidez mide la deformación máxima que la mezcla

experimenta bajo carga. Estas evaluaciones permiten asegurar que la mezcla asfáltica optimiza la resistencia y durabilidad del pavimento.

Ensayo rice (ASTM D2041)

El ensayo Rice se utiliza para determinar la densidad máxima teórica de las mezclas asfálticas, conforme a las regulaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y lo detallado por Rondon & Reyes (2015). Este ensayo es crucial tanto para el diseño como para el control de calidad en la construcción de pavimentos, ya que proporciona una medida fundamental de la densidad máxima teórica, garantizando así la durabilidad y el rendimiento óptimo de los pavimentos.

Ensayo de adherencia

Se emplea para evaluar la capacidad de una mezcla asfáltica para mantener un buen contacto entre el asfalto y los agregados, asegurando así su durabilidad y rendimiento. El procedimiento típico del ensayo consiste en aplicar una carga de cizallamiento a una muestra de mezcla asfáltica y medir la fuerza necesaria para separar el asfalto de los agregados. Este ensayo es esencial para detectar la susceptibilidad de la mezcla a la pérdida de adherencia, lo que podría causar problemas como la formación de baches o la delaminación del pavimento. Una adherencia adecuada contribuye a prevenir el deslizamiento y mejora la resistencia al desgaste y a la fatiga del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013).

Aditivo QUIMIBOND 3000

QUIMIBOND 3000 es un aditivo líquido a base de aminas que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto, previniendo la formación de bolsas de agua que pueden obstaculizar la adhesión del cemento asfáltico al agregado. Este aditivo optimiza el rendimiento de la mezcla asfáltica y sus componentes aseguran una excelente cohesión del pavimento durante un largo período. Esta información está documentada en la Hoja Técnica / HC Versión 02-QSI, de abril de 2022, de la empresa QSI Perú S.A.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general:

El comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con aditivo, son cualitativamente mejores que mezclas asfálticas en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna - 2024.

3.1.2. Hipótesis específicas:

- Las características de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados cumplen los requerimientos, para mezclas asfálticas en caliente de la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.
- El aditivo de adherencia aumenta significativamente el porcentaje de adherencia para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna -2024.
- El aditivo de adherencia mejora significativamente la estabilidad y flujo de mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1. Identificación de variable (s) independiente (s):

Mezcla asfáltica en caliente

3.2.1.1. Dimensiones

- Parámetros de diseño

3.2.1.2. Indicadores

- Estabilidad (kN)

- Flujo (mm)

3.2.1.3. Escala para la medición de la variable

- Kilo newton (kN).
- Milímetros (mm).

3.2.2. Identificación de variable (s) dependiente (s):

Agregados de mezcla asfáltica en caliente

3.2.2.1. Dimensiones

- Propiedades físicas de los agregados
- Propiedades mecánicas de los agregados

3.2.2.2. Indicadores

- Granulometría
- Adherencia
- Equivalente de arena
- Durabilidad
- Abrasión del agregado grueso
- Partículas chatas alargadas
- Acaras fracturadas
- Índice de plasticidad

3.2.2.3. Escala de medición de la variable

- Tamaño máximo nominal (TMN)
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).

3.2.3. Variables intervinientes (opcional)

No se tiene.

Tabla 1*Variables independientes, dimensiones e indicadores*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala de Medida	Tipo de variable
Variable independiente		Estabilidad	kN	≥8,15	Continua
	Parámetros de diseño				
Mezcla asfáltica en caliente		Flujo	mm	8-14	Continua

Tabla 2*Variables dependientes, dimensiones e indicadores*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala de Medida	Tipo de variable
		Granulometría	mm	SUCS	Discreta
Variable dependiente	Propiedades físicas	Adherencia	%	+95	Discreta
		Equivalente de arena	%	60	Continua
Agregados de mezcla asfáltica en caliente	Propiedades mecánicas	Durabilidad	%	18 % máx.	Discreta
		Abrasión los ángulos	%	40 % máx.	Discreta
		Partículas chatas y alargadas	%	10 % máx.	Discreta
		Caras fracturadas	%	85/50	Discreta
		Índice de plasticidad	%	NP	Discreta

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se considera básica según la definición de Baena (2017), quien describe la investigación básica como aquella que "desarrolla la disciplina de manera abstracta y con principios generales" (p. 25). Este tipo de investigación se enfoca en generar nuevos conocimientos o en perfeccionar los

principios teóricos ya establecidos, favoreciendo así el progreso del conocimiento científico.

Enfoque de la investigación

El método de investigación seleccionado es de tipo cuantitativo. De acuerdo con Baena (2017), este enfoque se enfoca en la recopilación de datos para verificar hipótesis, con el propósito de "describir los hechos tal como son y explicar las causas de los fenómenos" (p. 51). Las hipótesis surgen a partir de problemas específicos.

3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación se clasifica como explicativa. Según Arias (2012), "La investigación explicativa se enfoca en descubrir las razones detrás de los eventos al identificar relaciones causales" (p. 26). Este tipo de investigación se centra en identificar las causas subyacentes de los fenómenos a través del análisis de las relaciones de causa y efecto.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación utiliza un diseño experimental. Según Arias (2012), "el enfoque experimental es un método científico que permite establecer relaciones empíricas entre variables o evaluar la validez de una hipótesis, ley o modelo a través de la ejecución de experimentos controlados" (p. 38).

3.6. ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se enfocará en la carpeta asfáltica, que constituye una parte crucial de la estructura del pavimento. Ubicada en la capa superior del pavimento, la calidad de esta capa es fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de la carretera en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna.

En cuanto al tiempo social, la investigación se realizó de marzo a julio de 2024.

3.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1. Unidad de estudio

Según Arias (2012), la precisión en la selección y preparación de la unidad de muestra es esencial para garantizar la validez y pertinencia de los datos obtenidos. En el contexto de esta investigación, la unidad de muestra corresponde a la mezcla asfáltica de la carretera en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna.

3.7.2. Población

En la investigación, la "población" se refiere al conjunto total de individuos, elementos o unidades que comparten una característica común y de los cuales se busca recolectar datos. Según Arias (2012), la población es el grupo completo sobre el que se desea obtener información. En este caso particular, la población está constituida por un tramo de 1.015 km de la carpeta asfáltica del pavimento.

3.7.3. Muestra

La muestra es un subconjunto de la población general escogido para llevar a cabo un estudio. Según Arias (2012), la muestra debe ser representativa de la población para que los resultados sean extrapolables. En este caso, la selección se efectúa de manera no probabilística por conveniencia, e incluye 3 m³ de agregados, con la recolección de muestras de agregados y 15 probetas para pruebas de mezcla asfáltica.

3.8. PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.8.1. Procedimiento

Para evaluar la mezcla asfáltica en caliente utilizada en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna, se obtuvieron muestras representativas a través de muestreo en cantera y se analizaron las propiedades de los agregados antes y después de la formulación de la mezcla. Se examinaron parámetros como la granulometría, el índice de plasticidad, el desgaste por abrasión y la adherencia de los agregados. Estos se combinaron con cemento asfáltico,

asegurando una mezcla uniforme y una correcta aplicación, seguida de la compactación del material. Para comprobar la eficacia de la estabilización, se realizaron pruebas utilizando el método Marshall para evaluar la estabilidad y el flujo, tanto con aditivo químico como sin él. Finalmente, se compararon los datos obtenidos antes y después de la aplicación del aditivo para analizar su impacto en la estabilidad y el flujo, llevando a cabo un análisis comparativo y estadístico de los resultados.

3.8.2. Técnicas

Muestreo de agregados:

Obtención de muestras representativas de los agregados a partir de los acopios en la cantera designada en el proyecto.

Análisis de los agregados:

Evaluación de las propiedades de los agregados antes y después de la formulación de la mezcla asfáltica en caliente.

Métodos:

Propiedades físicas: Determinación de la granulometría, adherencia, y el equivalente de arena de los agregados.

Propiedades mecánicas: Durabilidad, abrasión, partículas chatas y alargadas, caras fracturadas e índice de plasticidad de los agregados

Aplicación diseño de mezcla asfáltica en caliente:

Preparación de la mezcla asfáltica en caliente siguiendo un protocolo específico para asegurar una dosificación adecuada. Esto incluye la mezcla y aplicación uniforme del producto, seguido de la compactación y los ensayos correspondiente.

Evaluación de la estabilidad y flujo:

Realización de pruebas para verificar la eficacia de la mezcla asfáltica en caliente, tanto con aditivo como sin él, mediante el uso del método Marshall para evaluar la estabilidad y el flujo.

Análisis de resultados:

Comparación de los datos obtenidos antes y después de la aplicación del aditivo para evaluar su impacto en la mezcla asfáltica en caliente, realizando un análisis comparativo y estadístico de los resultados de las pruebas realizadas.

3.8.3. Instrumentos**Equipo de muestreo de los agregados:**

Bolsas de Muestreo: Para recolectar muestras de los agregados finos y gruesos de manera intacta y representativa.

Instrumentos de análisis físico:

Tamices y balanzas: Para realizar la granulometría y determinar el porcentaje de material pasante por diferentes tamices.

Horno: Para calentar las muestras de mezcla asfáltica y agregados a una temperatura específica para asegurar que las condiciones de prueba de adherencia.

Conjunto de equivalente de arena: cilindro transparente, normalmente de vidrio o plástico resistente, donde se realiza el ensayo.

Equipos de análisis mecánico:

Balanzas: Para realizar pruebas de durabilidad y pesar los agregados antes y después del ensayo para determinar cualquier cambio en masa debido a la acción del sulfato de magnesio.

Aparato de Abrasión (Máquina Los Ángeles): Para medir la resistencia al desgaste de los agregados gruesos.

Juego de Tamices: Para clasificar los agregados en diferentes tamaños antes de realizar el ensayo de caras fracturadas, asegurando que las muestras sean representativas del tamaño requerido.

Equipos de Límite Líquido y Límite Plástico: Incluye una copa de Atterberg y una espátula para determinar los límites de plasticidad y liquidez del agregado fino. Estos límites ayudan a calcular el índice de plasticidad

Equipo para diseño de mezcla asfáltica en caliente:

Horno, pedestal de compactación Marshall y moldes Marshall: Para aplicar y compactar los moldes de mezcla asfáltica. Además, equipo Marshall: Para la determinación de la estabilidad y flujo.

Instrumentos de monitoreo:

Registro de datos: Libreta de apuntes para anotar observaciones y resultados.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

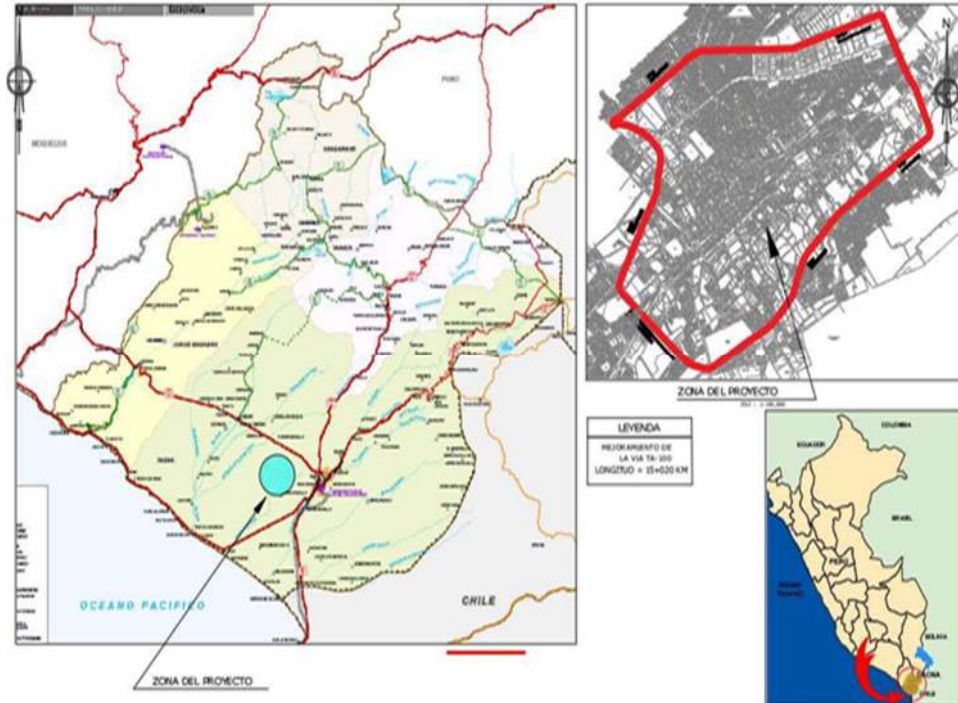
4.1. DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DE CAMPO

Este estudio se centró en evaluar las propiedades de los agregados gruesos y finos para optimizar la estabilidad y el flujo de futuras mezclas de asfalto en caliente convencionales en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna.

El trabajo de campo se realizó con el objetivo de analizar las características de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica en caliente, siguiendo las directrices establecidas en el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC, para el diseño de mezclas en caliente. Este análisis buscó mejorar las propiedades de estabilidad y flujo de las mezclas asfálticas en caliente convencionales en la mencionada avenida.

4.1.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio de Tramo IV (Vía urbana oeste) inicia desde el km 0+000 (óvalo Cusco) hasta el km 1+013 (Intersección avenida Jorge Basadre Oeste con avenida Manuel Odría), con un área que corresponde al anillo vial Av. Jorge Basadre Grohman (Vía nacional (PE-1S, PE-38 Y PE-40), vía vecinal TA-624 y vía urbana Av. Jorge Basadre Grohman oeste). Específicamente, la Vía Urbana (Oeste), tiene su inicio en el óvalo Cusco y finaliza en la intersección de la avenida Jorge Basadre Grohman Oeste, con la avenida Manuel Odría y se encuentra dentro del proyecto de “Reparación de superficie de rodadura; en las vías nacionales y vecinales que comprende la avenida Jorge Basadre Grohmann, distrito de Tacna- provincia Tacna -Tacna”.

Figura 1*Esquema de macro localización del área de estudio*

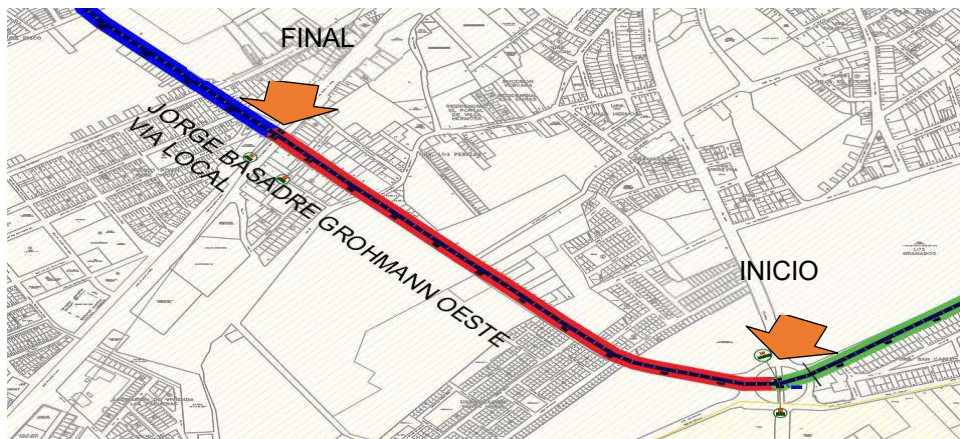
Nota. Ubicación Departamental (izquierda), Ubicación Provincial (derecha)

Figura 2*Esquema de micro localización del área de estudio*

Nota. Ubicación del área de estudio. Extraído de Google Earth, 2024

Figura 3

Esquema de la delimitación del tramo IV.



Nota. Delimitación del tramo a intervenir de la Vía Urbana (Oeste) en la Avenida Jorge Basadre - Tacna.

Tabla 3

Ubicación del área de estudio

Datos	Descripción
Región	Tacna
Provincia	Tacna
Distrito	Tacna
Vía urbana	PE-38
Longitud de la vía urbana	1.013 km.
Área de estudio (denominación)	Tramo IV

Nota. Datos de la ubicación de área de estudio y de elaboración propia, 2024.

4.1. DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Con relación al objetivo específico 1

Requerimiento de los agregados

Se llevaron a cabo dos muestreos en la cantera Sinticala, codificando las muestras y registrando sus coordenadas para asegurar una ubicación precisa. Estas actividades se desarrollaron de conformidad con el "Manual de Ensayo

de Materiales", que prescribe las normas necesarias para el análisis de materiales en el contexto de la gestión vial.

Las normas técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), fijan las especificaciones técnicas necesarias para los diversos ensayos requeridos del agregado grueso para un diseño de mezcla asfáltica en caliente (MTC, 2013).

Tabla 4

Requerimiento para los agregados grueso, tabla 423-01.

Ensayos	Norma	Requerimiento
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.
Adherencia	MTC E 517	95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% min.
Partículas Chatas y Alargadas	ASTM 4791	10% máx.
Caras Fracturadas	MTC E 210	85/50
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.0% máx.

Nota. Extraído de la tabla 423- 01 considerando la altitud (msnm) de ≤ 3.000 , sección 423 de la EG-2013 del Manual de Carreteras (MTC, 2013).

Tabla 5

Requerimiento para los agregados fino, tabla 423-02.

Ensayos	Norma	Requerimiento
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% min.
Angularidad del Agregado Fino	MTC E 222	30% min.
Azul de Metileno	AASTHO TP 57	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla Nro. 40)	MTC E 111	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% min.
Índice de Plasticidad (malla Nro. 200)	MTC E 111	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.

Nota. Extraído de la tabla 423- 02 considerando la altitud (msnm) de ≤ 3.000 , sección 423 de la EG-2013 del Manual de Carreteras (MTC, 2013).

4.2.2. Con relación al objetivo específico 2

El rango granulométrico

La gradación granulométrica, necesarios para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) debe cumplir con uno de los usos granulométricos especificados en la Tabla 20 423-03.

Tabla 6

Gradación para mezcla asfáltica en caliente

ESPECIFICACIONES MAC - 2			
TAMIZ ASTM	ABERTURA	MIN.	MAX.
1"	25 mm		
3/4"	19 mm	100	100
1/2"	12.5 mm	80	100
3/8"	9.5 mm	70	88
N. ° 4	4.75 mm	51	68
N. ° 10	2.0 mm	38	52
N. ° 40	0.425 μ m	17	28
N. ° 80	0.177 μ m	8	17
N. ° 200	0.075 μ m	4	8

Nota. Datos extraídos de la tabla 423-03 de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013” (MTC, 2013).

Ensayo de adherencia

Generalmente, un ensayo de adherencia tiene como objetivo evaluar la capacidad de un material para mantener una unión con otro material bajo condiciones determinadas.

Para este caso, se utilizará el procedimiento especificado en la norma MTC E 519, de acuerdo con los requisitos establecidos en la tabla 423-01.

Tabla 7

Requerimiento en adherencia en agregados, tabla 423-01.

ENSAYO	NORMA	ESPECIFICACIONES TECNICAS
Adherencia	EG-2013	95

Nota. Extraído de la tabla 423- 01, sección 423 de la EG-2013 del Manual de Carreteras (MTC, 2013).

Cemento asfáltico

El cemento asfáltico debe cumplir con las especificaciones indicadas en la Subsección 415.02 (b) y ser equivalente al PG (Grado de Comportamiento-AASHTO M-320). Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta de viscosidad de cemento asfáltico y tal como indica la siguiente Tabla.

Tabla 8

Empleo será según las características climáticas de la región.

TEMPERATURA ANUAL			
24°C o Más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40 - 50	60 - 70	85 - 100	Asfalto
60 - 70		120 - 150	Modificado

Nota. Su empleo será según las características climáticas. Extraído de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013” (MTC, 2013).

Dado el contexto geográfico y las condiciones climáticas específicas del proyecto, el uso del cemento asfáltico deberá adaptarse a estas características regionales y a la carta de viscosidad correspondiente. En esta investigación, se ha seleccionado el cemento sólido 60/70 PEN de la empresa Petroperú, el cual cumple con las especificaciones establecidas en la Subsección 415.02 (b) y se ajusta a los requisitos del PG (Grado de Comportamiento - AASHTO M-320), para asegurar su adecuada performance en las condiciones locales del proyecto.

Figura 4*Especificaciones técnicas del cemento asfáltico - Petroperú*

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO		<i>Fecha efectiva:</i> Enero 2019	
TIPO DE PRODUCTO		CEMENTO ASFÁLTICO		<i>Reemplaza edición de:</i> Enero 2014	
NOMBRE DE PRODUCTO					
ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN					
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO		
	MÍN.	MÁX.	ASTM	AASHTO	
PENETRACIÓN , a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5	T-49	
VOLATILIDAD					
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228	
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48	
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51	
SOLUBILIDAD , % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44	
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA					
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:					
Pérdida por calentamiento, % masa	0.8				
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49	
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113	T-51	
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0		Francés RLB	
FLUIDEZ					
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201	
REQUERIMIENTO GENERAL:					
El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.					
OBSERVACIONES:					
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.					

Nota. Especificación técnica de la empresa Petroperú, fuente; <https://asfaltos.petroperu.com.pe/docs/seguridad/fds-as-6070.pdf>.

Aditivo adherente

Asimismo, para este ítem se considera la información del aditivo QUIMIBOND 3000 es un aditivo líquido a base de aminas que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto, evitando bolsas de agua que pueden afectar la unión del cemento asfáltico. Optimiza el rendimiento de la mezcla asfáltica y garantiza una cohesión duradera del pavimento. Detalles disponibles en la Hoja Técnica / HC Versión 02-QSI, abril 2022, de QSI Perú S.A.

4.2.3. Con relación al objetivo específico 3**Diseño de mezcla asfáltica**

Los requisitos para la construcción de la mezcla asfáltica aseguran que sus características de calidad cumplan con las especificaciones del concreto

bituminoso, conforme al tipo de mezcla y al diseño del proyecto, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9

Requisitos para mezclas de concreto bituminoso.

Ítem	Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
		A	B	C
Marshall MTC E504				
1	Compactación, numero 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 el aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5

Nota. Requisitos extraídos de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013” (MTC, 2013).

Estabilidad y flujo

Los parámetros de estabilidad y flujo en mezclas asfálticas en caliente son esenciales para garantizar un desempeño adecuado y duradero de las superficies pavimentadas. Estos parámetros ayudan a evaluar la calidad y la funcionalidad de la mezcla asfáltica, asegurando que pueda soportar las cargas y condiciones a las que estará expuesta.

Tabla 10

Requisitos de estabilidad y flujo para mezclas de concreto bituminoso.

Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
Relación de estabilidad y flujo			

Nota. Requisitos extraídos de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013” (MTC, 2013).

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Resultados para el objetivo específico 1

Las propiedades físicas de los agregados, que abarcan características observables o medibles sin alterar su composición química, describen cómo se comportan bajo diversas condiciones ambientales y de procesamiento. Por otro lado, las propiedades mecánicas, que indican cómo los agregados responden a fuerzas o cargas, son cruciales para evaluar su capacidad para soportar esfuerzos y su durabilidad en aplicaciones estructurales.

Ambos tipos de propiedades son esenciales para comprender el desempeño de los agregados en diferentes contextos y para diseñar mezclas que cumplan con los requerimientos. A continuación, se presentan las características físicas y mecánicas de los agregados, de acuerdo con los requisitos para su caracterización físico-mecánica.

Tabla 11

Requerimiento para los agregados grueso, tabla 423-01.

Ensayos	Requerimiento	Resultados
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	18% máx.	9.2 %
Abrasión Los Ángeles	40% máx.	23 %
Adherencia	+95	95
Índice de Durabilidad	35% min.	45 %
Partículas Chatas y Alargadas	10% máx.	8.9 %
Caras Fracturadas	85/50	92.4/84.3
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	0.41 %
Absorción	1.0% máx.	0.82 %

Nota. Resultados de laboratorio y la correlación con la tabla 423- 01 considerando la altitud (msnm) de ≤ 3.000 , sección 423 de la EG-2013.

Los resultados de laboratorio para el agregado grueso cumplen con las especificaciones establecidas en la tabla 423-01 para altitudes de hasta 3,000 metros sobre el nivel del mar, según la sección 423 de la EG-2013.

No obstante, el ensayo de adherencia indica que el resultado se encuentra en el límite de lo aceptable, lo cual es una característica importante

a considerar para el estudio. Este dato resalta la necesidad de evaluar cuidadosamente la adherencia del cemento asfáltico en las condiciones específicas del proyecto, ya que podría influir significativamente en el rendimiento y la durabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.

Tabla 12

Requerimiento para los agregados fino, tabla 423-02.

Ensayos	Requerimiento	Resultados
Equivalente de Arena	60% min.	65 %
Angularidad del Agregado Fino	30% min.	31.7 %
Azul de Metileno	8 máx.	7.3 %
Índice de Plasticidad (malla Nro. 40)	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	-	-
Índice de Durabilidad	35% min.	44.2 %.
Índice de Plasticidad (malla Nro. 200)	4 % máx.	3.8 %
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	0.5 %
Absorción	0.5% máx.	0.5 %

Nota. Extraído de la tabla 423- 02 considerando la altitud (msnm) de ≤ 3.000 , sección 423 de la EG-2013 del Manual de Carreteras (MTC, 2013).

La interpretación de los resultados de laboratorio para el agregado fino indica que estos cumplen con los requisitos establecidos en la tabla 423-02 para altitudes de hasta 3,000 metros sobre el nivel del mar, según la sección 423 del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2013).

4.3.2. Resultados para el objetivo específico 2

Características del cemento asfáltico

El cemento asfáltico utilizado en esta investigación proviene de Petróleos del Perú - Petroperú y se fabrica conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 3210.051, que establece los requisitos para cementos asfálticos en condiciones locales, así como a los estándares internacionales ASTM D946 y AASHTO M-20, que especifican las características y métodos de ensayo para garantizar su calidad y desempeño en aplicaciones de pavimentación. Esta conformidad

asegura que el cemento asfáltico cumpla con las exigencias de calidad necesarias para ofrecer un rendimiento óptimo en la construcción y mantenimiento de pavimentos, soportando adecuadamente las cargas y condiciones ambientales esperadas.

Tabla 13

Información del reporte de ensayos del asfalto solidado 60/70 PEN.

Ensayo	Método	Resultado	Especificación	
	ASTM / AASHTO		Mín.	Máx.
Penetración				
A 25°C 100g, 5s, 1/10 mm	D5/T-49	70	60	70
Ductilidad				
A 25° C, 5 cm/min, cm	D 113/T-51	>150	100	
Fluidez				
Viscosidad cinemática a 100° C, cSt	D 445	4068	Reportar	
Viscosidad cinemática a 135° C, cSt	D2170/T-201	516.0	200	
Solubilidad				
En Triclorpefileno, % masa	D 2042/T-44	99.8	99	
Volatilidad				
Punto de inflación, °C	D 92/T-48	290.0	232	
Densidad				
Gravedad API a 60°F, °API	D 70	6.8	Reportar	
Gravedad específica a 60/60 °F	D 70	1023	Reportar	
Susceptibilidad térmica				
Punto de ablandamiento, °C	D 36	50.0	Reportar	
Índice de penetración	UNE-EN 12591	-0.4	-1.0	+1.0
Efecto de calor y aire (Película final)	D 1754			
Perdida por calentamiento, % masa				
Penetración retenida, % del original	D 5	67	52+	
Ductilidad a 25 °C, 5cm/min, cm	D 113-17	>112	50	

Nota. Datos del reporte emitido por el fabricante del cemento asfáltico (ASFALTO SOLIDO 60/70 PEN), extraído del informe de ensayo de la empresa Petroperú.

Según los resultados proporcionados en el reporte de la Unidad de Laboratorio de la Gerencia de Refinación Conchan, el cemento asfáltico cumple con las especificaciones descritas en el informe, confirmando que el producto se ajusta a los estándares requeridos para su uso en aplicaciones de pavimentación.

Características del aditivo QUIMIBOND 3000

De acuerdo con la ficha técnica proporcionada para este ítem, el aditivo QUIMIBOND 3000 es un líquido a base de aminas que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto, optimizando el rendimiento de la mezcla asfáltica y garantizando una cohesión duradera del pavimento. Según la información técnica proporcionada por el fabricante, los datos de detalla en la tabla siguiente.

Tabla 14

Especificaciones del aditivo QUIMIBOND 3000.

Determinación	Contenido
Color	Ámbar Claro-Oscuro
Contenido de Aminas	400 – 600
Propiedades físicas a 25 °C	Líquido
Viscosidad a 25 °C	2000 -6500 cs
Aminas	563 aprox.
Gravedad Específica	0.96 promedio
Gasolina	Insoluble
Agua	Soluble
Alcohol Isopropílico	Soluble
Punto de Inflamación en Cemento Asfáltico	≥ 165 °C

Nota. Extraído de la Hoja Técnica / HC Versión 02-QSI, abril 2022, de QSI Perú S.A.

Según la hoja técnica el aditivo es un líquido de apariencia ámbar claro a oscuro con una viscosidad ligera y una densidad de $0.96 \text{ kg/l} \pm 0.03$. Su dosificación recomendada varía entre el 0.3% y el 0.8% del peso del cemento asfáltico, dependiendo de las necesidades específicas de la mezcla. Para este caso la dosificación corresponde a 0.5 % del peso del cemento asfáltico.

Ensayo de adherencia

Se han llevado a cabo ensayos de adherencia para evaluar el porcentaje de adherencia en el agregado grueso, tanto utilizando el método convencional como con la adición del aditivo QUIMIBOND 3000. Los resultados obtenidos de ambas metodologías han sido comparados para determinar el impacto del aditivo en la mejora de la adherencia.

Tabla 15

Resultados de la adherencia en agregados convencional.

Ensayo	Requerimiento	Resultado
Adherencia	95	95

Nota. El ensayo se ha realizado según los lineamientos de la norma MTC E 517 y la correlación con la tabla 423- 07, sección 423 de la EG-2013 del Manual de Carreteras (MTC, 2013).

Los resultados indican que la adherencia en el agregado grueso, utilizando el método convencional, se encuentra en el límite del requisito especificado por el Manual de Carreteras (MTC, 2013).

Tabla 16

Resultados de la adherencia en agregados con aditivo.

Ensayo	Requerimiento	Resultado
Adherencia	95	100

Nota. El ensayo se ha realizado según los lineamientos de la norma MTC E 517 y la correlación con la tabla 423- 07, sección 423 de la EG-2013 del Manual de Carreteras (MTC, 2013).

Los resultados indican que la adherencia en el agregado grueso mejora significativamente con la adición del aditivo QUIMIBOND 3000, alcanzando niveles que cumplen con los requisitos especificados por el Manual de Carreteras (MTC, 2013).

4.3.3. Resultados para el objetivo específico 3

Diseño de mezcla asfáltica

Con el objetivo de cumplir el Objetivo Específico 3, se ha realizado el diseño de mezclas utilizando el método Marshall para comparar una mezcla convencional con una mezcla que incorpora el aditivo adherente QUIMIBOND 3000. Este análisis busca determinar la incidencia del aditivo en las mezclas asfálticas en caliente, evaluando las diferencias en el desempeño entre las mezclas convencionales y las mezclas con aditivo, específicamente en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.

Tabla 17

Resultados de la mezcla asfáltica convencional

Parámetros de diseño	Clase mezcla A	Resultados	Requisitos
Porcentaje de asfalto		6.2	
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, numero de golpes por lado	75	75	Cumple
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	1335	Cumple
3. Flujo 0,01” (0,25 mm)	8-14	8	Cumple
4. Porcentaje de vacíos con el aire (1) (MTC E 505)	3-5	3.8	Cumple
5. Vacíos en el agregado mineral (TM ½)	≥15	18.1	Cumple
Humedad optima de compactación			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1		
2. Resistencia retenida % (mín.)	75		
Relación polvo asfalto	0,6-1,3	0.95	Cumple
Relación de estabilidad y flujo	1.700-4.000	3670	Cumple
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T283	80 mín.		

Nota. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y la correlación con la tabla 423-06, de la sección 423 del manual de carreteras del MTC.

En la tabla se muestra los resultados indican que la mezcla asfáltica cumple plenamente con los requisitos establecidos por la norma nacional según la EG-2013. Esto incluye todos los parámetros de calidad y desempeño especificados en la normativa, como la estabilidad, fluidez, resistencia a la deformación y adherencia. El cumplimiento de estos requisitos asegura que la mezcla asfáltica es adecuada para su uso en pavimentos, garantizando su durabilidad y funcionalidad bajo las condiciones operativas y ambientales previstas. Este resultado confirma que la mezcla ha sido diseñada y fabricada conforme a los estándares técnicos exigidos, proporcionando así una base sólida para la construcción de pavimentos de alta calidad.

Tabla 18

Resultados de la mezcla asfáltica con aditivo

Parámetros de diseño	Clase mezcla A	Resultados	Requisitos
Porcentaje de asfalto		6.2	
Marshall MTC E 504			
6. Compactación, numero de golpes por lado	75	75	Cumple
7. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	1565	Cumple
8. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	10	Cumple
9. Porcentaje de vacíos con el aire (1) (MTC E 505)	3-5	4.3	Cumple
10. Vacíos en el agregado mineral (TM ½)	≥15		Cumple
Humedad optima de compactación			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1		
2. Resistencia retenida % (mín.)	75		
Relación polvo asfalto	0,6-1,3	0.95	Cumple
Relación de estabilidad y flujo	1.700-4.000	3670	Cumple
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T283	80 mín.		

Nota. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con aditivo y la correlación con la tabla 423-06, de la sección 423 del manual de carreteras del MTC.

La tabla muestra que la mezcla asfáltica con el aditivo Quimibond 3000 no solo cumple con los parámetros de adherencia establecidos por la norma nacional EG-2013, sino que también presenta mejoras en varios parámetros en comparación con la mezcla asfáltica convencional. Esto sugiere que la adición del aditivo no solo garantiza el cumplimiento normativo, sino que también optimiza el desempeño general de la mezcla, mejorando aspectos clave como la estabilidad y fluidez.

Estabilidad y flujo

Los parámetros de estabilidad y flujo en mezclas asfálticas en caliente son esenciales para garantizar un desempeño adecuado y duradero de las superficies pavimentadas. Estos parámetros ayudan a evaluar la calidad y la funcionalidad de la mezcla asfáltica, asegurando que pueda soportar las cargas y condiciones a las que estará expuesta.

Tabla 19

Resultados del método Marshall de la mezcla convencional.

Ítem	Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
		Clase mezcla A	Resultados	Requisitos
Marshall MTC E504				
1	Compactación, numero de golpes por lado	75	75	Cumple
2	Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	1335	Cumple
3	Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8	Cumple
4	Porcentaje de vacíos con el aire (1) (MTC E 505)	3-5	3.8	Cumple

Nota. Resultados de ensayos por el método Marshall para mezcla convencional y correlacionados con requisitos extraídos de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013” (MTC, 2013).

Estos resultados confirman que la mezcla ha sido elaborada y fabricada de acuerdo con los estándares técnicos requeridos, ofreciendo una base sólida para la construcción de pavimentos de alta calidad.

Tabla 20*Resultados del método Marshall de la mezcla con aditivo.*

Ítem	Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		Requisitos
		Clase mezcla A	Resultados	
Marshall MTC E504				
1	Compactación, numero de golpes por lado	75	75	Cumple
2	Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	1565	Cumple
3	Flujo 0,01” (0,25 mm)	8-14	10	Cumple
4	Porcentaje de vacíos con el aire (1) (MTC E 505)	3-5	4.3	Cumple

Nota. Resultados de ensayos por el método Marshall para mezcla con aditivo Quimibond 3000 y correlacionados con requisitos extraídos de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013” (MTC, 2013).

Estos resultados confirman que la mezcla ha sido elaborada y fabricada conforme a los estándares técnicos, incluyendo parámetros clave como la estabilidad y la fluidez. La conformidad con estos requisitos asegura que la mezcla es adecuada para su uso en pavimentos, garantizando su durabilidad y rendimiento en las condiciones operativas y ambientales previstas. Además, se evidencian mejoras en el comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente al comparar las mezclas convencionales con las mezclas que incorporan aditivo, específicamente en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.

4.4. PRUEBA ESTADÍSTICA

En este estudio, se cuenta con un único dato para comparar con la especificación técnica de la sección 423 del MTC. Dado que no hay suficientes datos para realizar análisis estadísticos complejos, se opta por una comparación directa para verificar si el dato cumple con los requisitos de la especificación y para identificar posibles cambios de una característica evaluada.

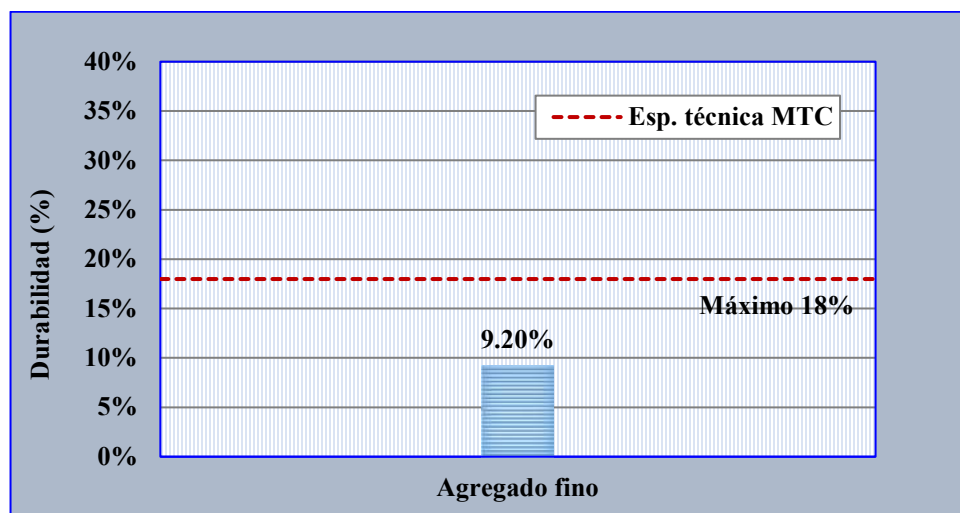
4.4.1. Prueba estadística para el objetivo específico 1

Para evaluar las propiedades de los agregados de la cantera Sinticala, se realizaron muestreos siguiendo los procedimientos estándar. Los resultados fueron analizados y presentados mediante gráficos detallados, que facilitan la visualización de la distribución de las propiedades y permiten una interpretación clara de los datos. Esta combinación de análisis estadístico y representación gráfica proporciona una comprensión exhaustiva de las características de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica.

A continuación, se presentan las características físicas y mecánicas de los agregados, detallando su conformidad con los requisitos establecidos para su caracterización físico-mecánica. Este análisis incluye una evaluación exhaustiva de propiedades clave como la granulometría, la forma y textura de los agregados, así como su densidad aparente, absorción de agua y resistencia a la abrasión. La información se ha recopilado y analizado para asegurar que los agregados cumplan con las normas técnicas y especificaciones requeridas, garantizando así su idoneidad y desempeño en la mezcla asfáltica y en aplicaciones de pavimentación.

Figura 5

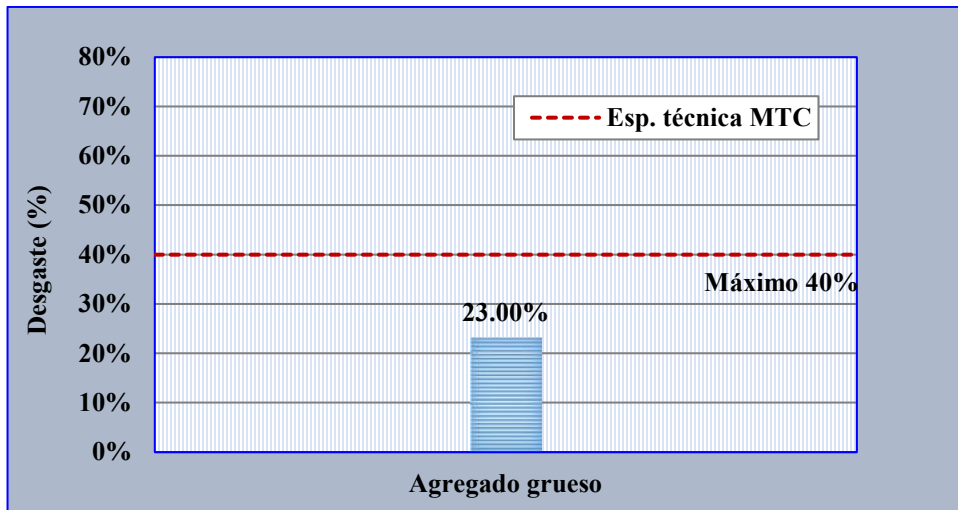
Descripción gráfica del resultado de durabilidad.



Nota. Se muestra el resultado y la correlación con el requerimiento máximo especificado en la tabla 423.01 del MTC.

Figura 6

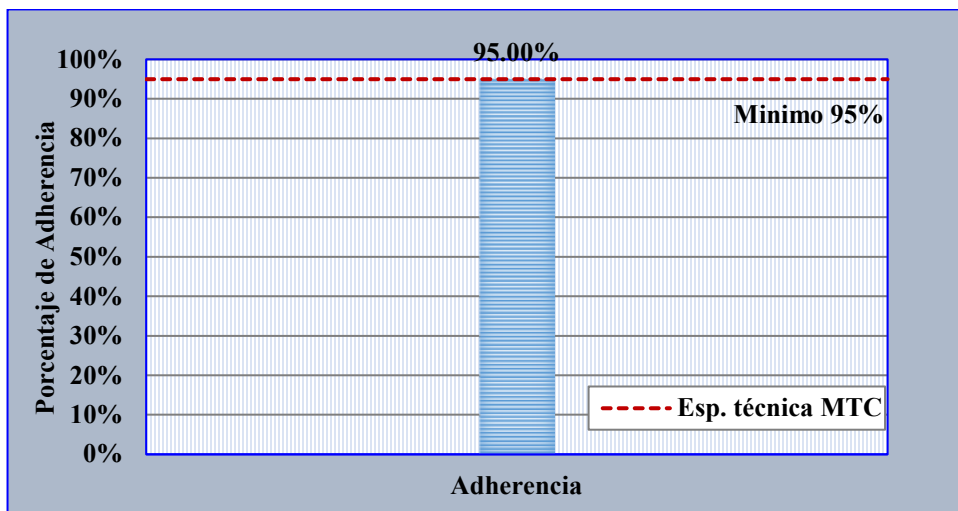
Descripción grafica del resultado de abrasión.



Nota. Se muestra el resultado y la correlación con el requerimiento máximo especificado en la tabla 423.01 del MTC.

Figura 7

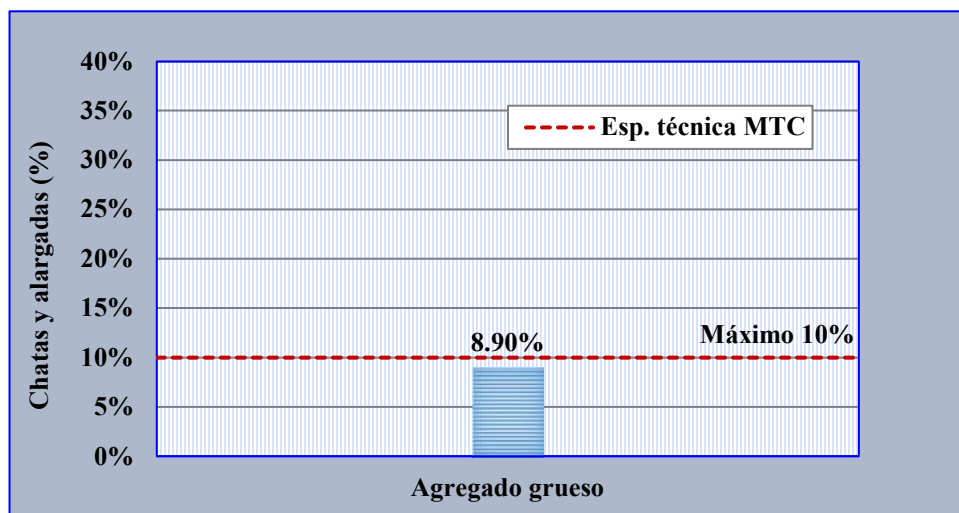
Descripción grafica del resultado de Adherencia.



Nota. Se muestra el resultado y la correlación con el requerimiento mínimo especificado en la tabla 423.01 del MTC.

Figura 8

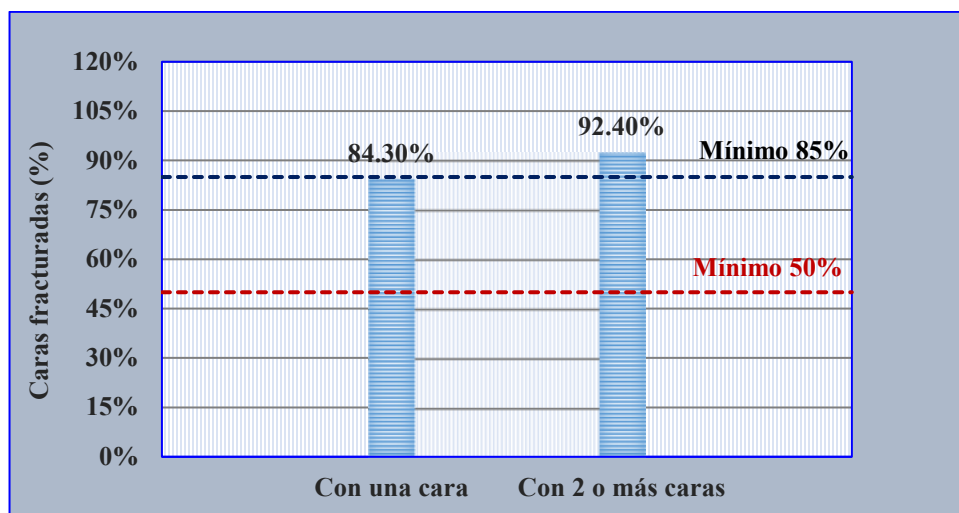
Descripción grafica del resultado de partículas chatas y alargadas.



Nota. Se muestra el resultado y la correlación con el requerimiento máximo especificado en la tabla 423.01 del MTC.

Figura 9

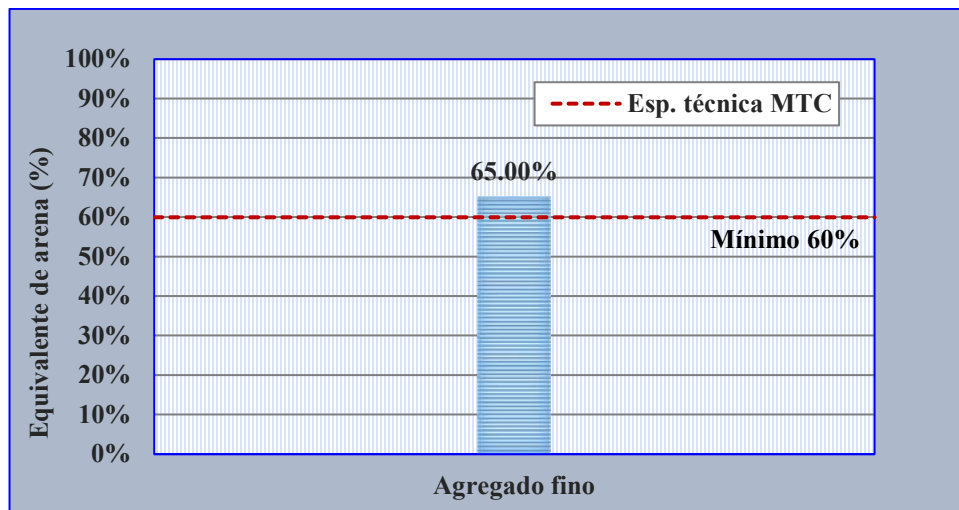
Descripción grafica del resultado de caras fracturadas.



Nota. Se muestra el resultado y la correlación con el requerimiento mínimo de una y de dos a más caras según lo especificado en la tabla 423.01 del MTC.

Figura 10

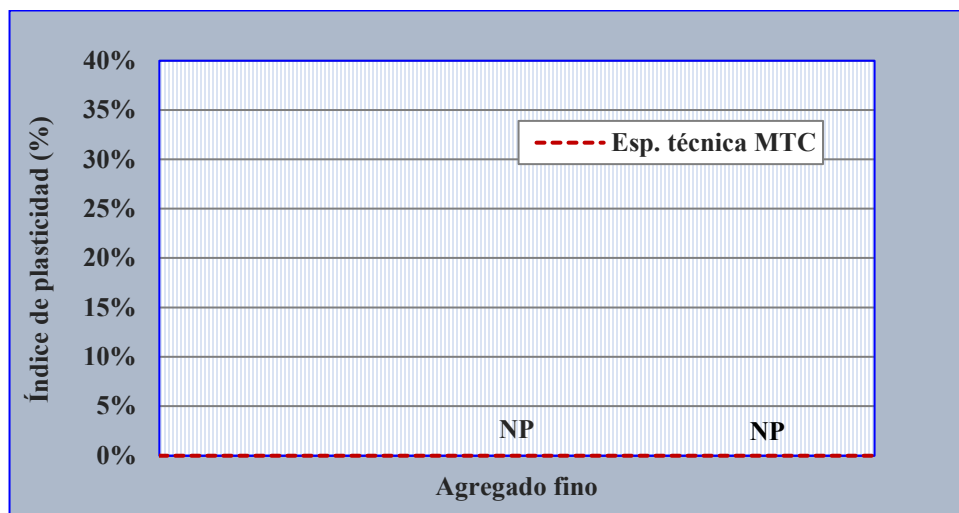
Descripción grafica del resultado de equivalente de arena.



Nota. Se muestra el resultado y la correlación con el requerimiento mínimo especificado en la tabla 423.01 del MTC.

Figura 11

Descripción grafica del resultado de índice de plasticidad.



Nota. Se muestra el resultado y la correlación con el requerimiento especificado en la tabla 423.01 del MTC.

Según la evaluación de las propiedades de los agregados de la cantera Sinticala, realizada mediante muestreos y procedimientos estándar, y presentados en gráficos detallados, se ha observado que el ensayo de

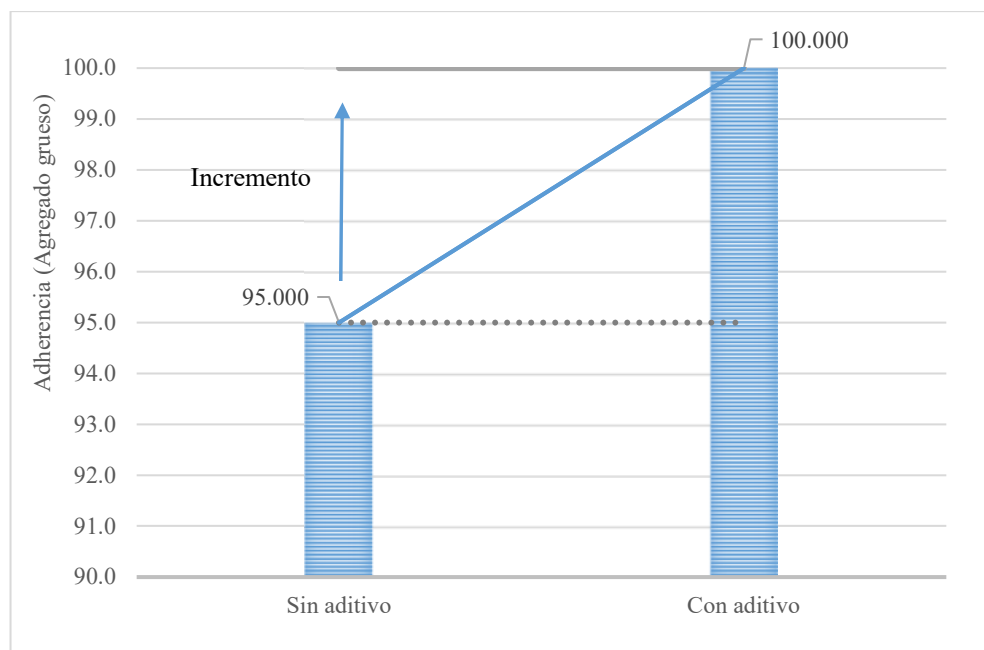
adherencia se encuentra en el límite permitido según los requisitos establecidos para los agregados en la sección 423 del MTC.

4.4.2. Prueba estadística para el objetivo específico 2

Para este estudio de investigación, se emplea un único dato para compararlo con una especificación técnica del MTC. Se opta por una comparación directa entre el dato y la especificación técnica. Esta estrategia permitirá determinar si el dato mejora los resultados de adherencia en los agregados, comparando mezclas convencionales con aquellas que incorporan el aditivo adherente QUIMIBOND 3000.

Figura 12

Gráfico de la influencia del aditivo en la adherencia



Nota. Correlación gráfica de los resultados de adherencia en los agregados, comparando mezclas convencionales con aquellas que incorporan el aditivo adherente QUIMIBOND 3000.

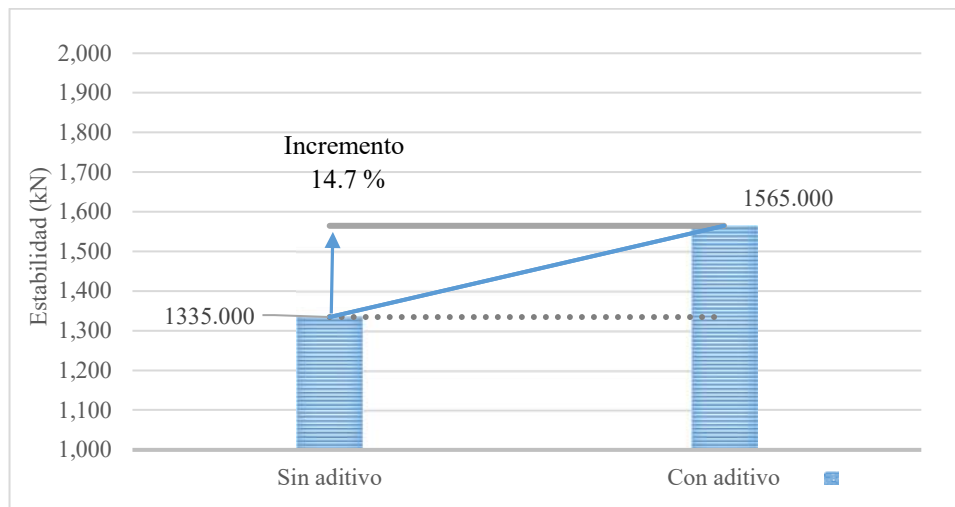
Los resultados muestran un incremento en la adherencia del agregado grueso al aplicar el mismo método de ensayo, confirmando así la efectividad del aditivo en la mejora de las propiedades de adherencia.

4.4.3. Prueba estadística para el objetivo específico 3

Se ha llevado a cabo el diseño de la mezcla asfáltica utilizando el método Marshall, con un enfoque en la investigación de la influencia específica de la estabilidad y el flujo en la mezcla.

Figura 13

Resultado gráfico de la influencia en la estabilidad

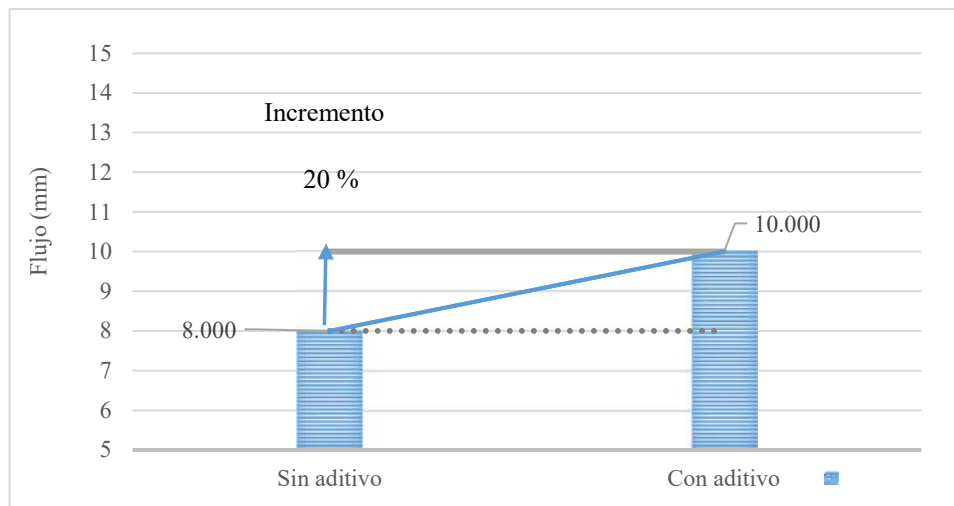


Nota. El gráfico muestra la influencia en la estabilidad en una mezcla convencional y una mezcla con aditivo Quimibond 3000.

Este análisis permitirá evaluar gráficamente cómo el aditivo adherente QUIMIBOND 3000 afecta el desempeño de la mezcla asfáltica y su adecuación para la aplicación en pavimentos. Se observa un incremento del 14.7% en la estabilidad de la mezcla tras la aplicación del aditivo.

Figura 14

Resultado gráfico de la influencia en el flujo



Nota. El gráfico muestra la influencia en el flujo en una mezcla convencional y una mezcla con aditivo Quimibond 3000.

Este análisis facilitará una evaluación gráfica del impacto del aditivo adherente QUIMIBOND 3000 en el desempeño de la mezcla asfáltica y su idoneidad para pavimentos. Se ha notado un aumento del 20% en el flujo de la mezcla como resultado de la aplicación del aditivo.

4.5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

La comprobación de las hipótesis se lleva a cabo mediante la comparación entre las hipótesis formuladas al inicio del estudio y los resultados obtenidos durante la investigación. Este proceso implica evaluar si los datos recopilados y los resultados experimentales respaldan o refutan las hipótesis iniciales. Para ello, se utilizan métodos estadísticos y análisis comparativos para determinar si existe una correspondencia significativa entre las expectativas teóricas y los hallazgos empíricos. Este enfoque permite validar la precisión de las hipótesis, ajustar las teorías existentes si es necesario y proporcionar una base sólida para conclusiones basadas en evidencias.

4.5.1. Hipótesis general

Hipótesis alterna: El comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con aditivo, son cualitativamente mejores que mezclas asfálticas en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna – 2024.

Hipótesis nula: El comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con aditivo, no son cualitativamente mejores que mezclas asfálticas en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna – 2024.

La hipótesis sobre la mejora del comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente convencionales en la Avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna – 2024, ha sido evaluada en base a los resultados obtenidos. A pesar de que el porcentaje de adherencia se situó en el límite mínimo del 95% especificado por el manual del MTC, lo que sugiere que el agregado grueso podría no cumplir completamente con los requisitos para su uso en mezclas asfálticas en caliente, el análisis muestra una mejora significativa con la aplicación del aditivo QUIMIBOND 3000. En particular, se observó un incremento del 5% en las propiedades de adherencia. Estos resultados indican que, aunque el porcentaje de adherencia se encuentra en el límite recomendado, el aditivo sigue teniendo un impacto positivo en la estabilidad y el flujo de la mezcla, mejorando así la calidad y el rendimiento de la mezcla asfáltica.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se valida la hipótesis general.

4.5.2. Hipótesis específica 1

Hipótesis alterna: Las características de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados cumplen los requerimientos, para mezclas asfálticas en caliente de la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.

Hipótesis nula: Las características de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados no cumplen los requerimientos, para mezclas asfálticas en caliente de la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.

Se analizaron los resultados de la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Sinticala para mezclas asfálticas en caliente en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, siguiendo las

directrices de la sección 423 del manual del MTC sobre pavimentos de concreto asfáltico en caliente. Los resultados confirmaron que es viable aplicar estos lineamientos a los agregados de la cantera Sinticala, demostrando que es posible correlacionar las características especificadas en dicha sección del manual con el tipo de material agregado utilizado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa. No obstante, el resultado del 95% de adherencia se encuentra en el límite mínimo especificado, lo que sugiere que, aunque se cumplen los requisitos básicos, hay margen para mejorar la adherencia en futuras aplicaciones.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se valida la hipótesis específica 1.

4.5.3. Hipótesis específica 2

Hipótesis alterna: El aditivo de adherencia aumenta significativamente el porcentaje de adherencia para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna -2024.

Hipótesis nula: El aditivo de adherencia no aumenta significativamente el porcentaje de adherencia para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna -2024.

Se analizaron los resultados de las propiedades físico-mecánicas del agregado grueso de la cantera Sinticala para mezclas asfálticas en caliente en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV. Utilizando el método especificado en el MTC E 517, se determinó que la adherencia con el aditivo QUIMIBOND 3000 alcanzó un 100%, superando la adherencia del agregado convencional. Además, se observó un incremento del 5%, que está dentro del límite mínimo aceptable del 95% según las especificaciones del manual del MTC para este tipo de material. La hipótesis de que la adherencia aumenta con el aditivo es aplicable y efectiva para mejorar las propiedades de adherencia del agregado grueso. De acuerdo con las especificaciones del MTC, el rango de dosificación recomendado para el aditivo QUIMIBOND 3000 es del 0.3 al 0.8% del peso del cemento asfáltico.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se valida la hipótesis específica 2.

4.5.4. Hipótesis específica 3

- Hipótesis alterna: El aditivo de adherencia mejora significativamente la estabilidad y flujo de mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.
- Hipótesis nula: El aditivo de adherencia no mejora significativamente la estabilidad y flujo de mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024.

Se realizaron análisis sobre el impacto del aditivo adherente QUIMIBOND 3000 en la estabilidad y fluidez de las mezclas asfálticas en caliente provenientes de la cantera Sinticala para su aplicación en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, utilizando el método Marshall como referencia. Este método, crucial para evaluar la calidad de las mezclas asfálticas, permitió evaluar cómo el aditivo afecta el desempeño de las mezclas. Los resultados indicaron que la incorporación del aditivo produce una mejora notable en las propiedades de la mezcla, con un incremento del 14.7% en la estabilidad y del 20% en la fluidez. Estas mejoras sugieren que la mezcla es más resistente y adaptable, permitiéndole soportar de manera más eficaz las cargas y condiciones ambientales a las que estará expuesta. En consecuencia, las mezclas asfálticas en caliente convencionales se benefician de una mayor estabilidad y fluidez, lo que se traduce en un mejor rendimiento y una mayor durabilidad de los pavimentos construidos con estas mezclas.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se valida la hipótesis específica 3.

4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.6.1. Respecto al objetivo específico 1

La discusión de los resultados sobre las propiedades de los agregados para mezclas asfálticas en caliente provenientes de la cantera Sinticala, destinados

para la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, se confirma que los agregados cumplen con los requisitos establecidos para este tipo de mezclas. No obstante, el análisis revela que el porcentaje de adherencia está en el límite inferior del 95% especificado en la sección 423 del MTC. Esta situación sugiere que el material podría no cumplir plenamente con los requisitos necesarios para las mezclas asfálticas en caliente, dado que el valor de adherencia en el límite podría afectar la eficacia y durabilidad de la mezcla. Este hallazgo es consistente con el artículo de Urrego & Ruiz (2016), donde la Tabla 12, Verificación de Resistencia, indica que un valor mínimo del 80% cumple con las especificaciones colombianas según la Fuente INVIAS-Tabla 450-11A (p.60). La adherencia registrada de 96.7% en los ensayos de laboratorio es cercana a la obtenida en los agregados gruesos, lo que indica que la mezcla asfáltica se ajusta a los estándares de adherencia establecidos.

4.6.2. Respecto al objetivo específico 2

Utilizando la norma MTC E 517, que establece los lineamientos para el ensayo de adherencia, se determinó que el agregado grueso convencional de la cantera Sinticala tiene un porcentaje de adherencia del 95%. Sin embargo, al añadir el aditivo QUIMIBOND 3000, la adherencia aumentó al 100%, superando significativamente el mínimo requerido del 95% según el manual del MTC. Este incremento demuestra una mejora notable en la adherencia para este tipo de agregado. Además, el ensayo de absorción, conforme al MTC E 206, arrojó un resultado del 0.82%, cumpliendo con el máximo permitido del 1% para el agregado grueso. Estos resultados son consistentes con el artículo de Conde & Palomino (2022), que señala que la capacidad de un agregado para absorber agua o asfalto es crucial en el diseño de mezclas asfálticas. Un agregado altamente absorbente continuará captando asfalto después del mezclado inicial, reduciendo la cantidad disponible para unir otras partículas de agregado. Por lo tanto, un agregado más poroso necesita más asfalto en comparación con uno menos poroso (p.51). Esto resalta la relación entre adherencia y absorción del agregado. Además, estos hallazgos coinciden con el artículo de Alfaro & Jauregui (2022), que, utilizando como referencia el MTC E 517 y el AASHTO

T-182, obtuvo un 95% de adherencia (p.55), confirmando que la adherencia del agregado convencional en esta investigación es comparable a los resultados obtenidos en otros estudios.

4.6.3. Respecto al objetivo específico 3

Mediante el método "Marshall", se estableció que la proporción óptima de cemento asfáltico es del 6.2%. La estabilidad inicial medida fue de 1,335 kN, la cual se incrementó a 1,565 kN con incremento de 14.7 % con la adición del aditivo QUIMIBOND 3000, superando ampliamente el mínimo requerido de 815 kN. Además, el flujo registrado sin el aditivo fue de 8 mm, que aumentó a 10 mm tras la incorporación del aditivo con incremento de 20 %, manteniéndose dentro del rango aceptable de 8 a 14 mm según las especificaciones del manual del MTC para mezclas asfálticas en caliente. Estos resultados demuestran que el aditivo adherente mejora significativamente tanto la estabilidad como el flujo de la mezcla asfáltica, haciéndola más adecuada para la construcción de pavimentos. Este hallazgo coincide con el estudio realizado por Vasquez, (2023), que concluye que el diseño de mezcla asfáltica con la adición del 0.50% de aditivo Adhesol 3000 muestra una menor resistencia a la deformación con un flujo de 8.09 mm para una carga de 11.65 kN. En contraste, los aditivos QUIMIBOND 3000 y Bitucote Plus, con flujos de 2, respectivamente, muestran una carga mayor, alcanzando valores de 11.9 y 12.1 kN. Esto confirma que el aditivo QUIMIBOND 3000 no solo cumple con el mínimo requerido, sino que lo supera, garantizando una resistencia y estabilidad adecuadas para la mezcla asfáltica en caliente.

CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente convencional mejora significativamente con el uso del 0.5 % del peso del cemento asfáltico. del aditivo QUIMIBOND 3000 en la Avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna – 2024. Aunque el porcentaje de adherencia del agregado grueso se encuentra en el límite mínimo del 95% especificado por el manual del MTC, lo que podría sugerir un cumplimiento parcial de los requisitos, la incorporación del aditivo QUIMIBOND 3000 ha demostrado ser efectiva. Se observó un incremento del 5% en las propiedades de adherencia con el uso del aditivo, lo que refleja una mejora notable en la calidad de la mezcla. Además, el aditivo QUIMIBOND 3000 contribuyó a un aumento del 14.7% en la estabilidad y del 20% en el flujo de la mezcla asfáltica, evidenciando mejoras significativas en su desempeño y durabilidad, y resaltando su efectividad en optimizar las propiedades de la mezcla asfáltica.
2. Se ha determinado que, en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024, las características de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para mezclas asfálticas en caliente cumplen en gran medida con las especificaciones establecidas. Los resultados de laboratorio muestran que el agregado grueso satisface las normas de la tabla 423-01 para altitudes de hasta 3,000 metros sobre el nivel del mar, según la sección 423 de la EG-2013. Sin embargo, el ensayo de adherencia revela que el resultado se encuentra en el límite inferior de lo aceptable, sugiriendo una posible preocupación sobre la eficacia del material en ciertas condiciones. Por otro lado, el agregado fino cumple con los requisitos especificados en la tabla 423-02 para altitudes similares, conforme a la sección 423 del Manual de Carreteras EG-2013 (MTC, 2013), asegurando así su adecuación para su uso en mezclas asfálticas en caliente bajo las condiciones geográficas evaluadas.
3. Se ha determinado que el aditivo QUIMIBOND 3000 incide positivamente

en la adherencia entre el agregado y el asfalto, optimizando la adherencia en los agregados gruesos de la cantera Sinticala. Los ensayos de adherencia realizados han permitido evaluar el porcentaje de adherencia en el agregado grueso, tanto mediante el método convencional como con la adición del aditivo QUIMIBOND 3000. La comparación de los resultados obtenidos con ambas metodologías demuestra que el uso del aditivo QUIMIBOND 3000 mejora significativamente la adherencia del agregado grueso, alcanzando niveles que cumplen con los requisitos establecidos por el Manual de Carreteras (MTC, 2013).

4. Se ha determinado que el aditivo de adherencia QUIMIBOND 3000 tiene un impacto positivo significativo en las propiedades de estabilidad y flujo de las mezclas asfálticas en caliente convencionales en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024. El análisis realizado mediante el diseño de mezcla utilizando el método Marshall revela una mejora notable, con un incremento del 14.7% en la estabilidad y un aumento del 20% en el flujo de la mezcla tras la incorporación del aditivo. Estos resultados demuestran que el QUIMIBOND 3000 optimiza el desempeño de la mezcla asfáltica, mejorando tanto la estabilidad como la fluidez, y asegura su adecuación para aplicaciones en pavimentos. La evidencia obtenida sugiere que el aditivo es altamente efectivo para mejorar la calidad y durabilidad de las mezclas asfálticas, destacándose como una opción valiosa para futuras aplicaciones en la construcción de pavimentos.

RECOMENDACIONES

1. A los ejecutores de obras viales de los tres niveles de gobierno nacional, regional y local, se recomienda la aplicación del aditivo QUIMIBOND 3000 en las mezclas asfálticas en caliente, dado que ha demostrado mejoras significativas en la adherencia, estabilidad y fluidez de la mezcla. Sin embargo, para asegurar un cumplimiento total de los requisitos del MTC y optimizar aún más el desempeño del pavimento, es aconsejable realizar investigaciones adicionales con agregados que presenten valores de adherencia inferiores al 95%. Estos estudios adicionales permitirán evaluar la eficacia del aditivo en condiciones más desafiantes y ajustar las dosificaciones si es necesario, garantizando así una mayor durabilidad y calidad en los pavimentos construidos.
2. A los ejecutores de obras viales, se les recomienda tener en cuenta que el agregado grueso cumple con las especificaciones de la tabla 423-01 para altitudes de hasta 3,000 metros sobre el nivel del mar, y el agregado fino satisface los requisitos de la tabla 423-02, siendo recomendable para asegurar la eficacia del material y evitar problemas potenciales en su durabilidad, considerar la adición de aditivos para mejorar la adherencia, ajustar los procedimientos de muestreo y ensayo, realizar pruebas adicionales en diferentes lotes, y establecer un programa de monitoreo en campo. Estas acciones contribuirán a garantizar el desempeño óptimo del agregado en mezclas asfálticas en caliente, adaptadas a las condiciones geográficas específicas.
3. A los ejecutores de obras viales se les recomienda el uso del aditivo QUIMIBOND 3000 porque ha demostrado su eficacia práctica en los ensayos de adherencia, tanto con el método convencional como con su uso, mostrando una mejora significativa en la adherencia del agregado grueso y alcanzando niveles que cumplen con los requisitos del Manual de Carreteras (MTC,

2013). Sin embargo, se recomienda realizar investigaciones adicionales con agregados que tengan valores inferiores de adherencia para evaluar más a fondo la capacidad del aditivo para mejorar el desempeño en mezclas asfálticas con características más desafiantes.

4. A los ejecutores de obras viales, se les recomienda el uso de aditivos en las mezclas de asfalto caliente convencionales, teniendo en cuenta que, con base al análisis realizado en esta tesis, que cuantifica el impacto positivo del aditivo adherente QUIMIBOND 3000 en las mezclas asfálticas en caliente, es conveniente seguir utilizando este aditivo para futuras aplicaciones en la construcción de pavimentos. Los resultados del diseño de mezcla con el método Marshall muestran una mejora significativa en las propiedades de la mezcla, con un incremento del 14.7% en la estabilidad y un aumento del 20% en el flujo tras la aplicación del aditivo. Estos hallazgos confirman que QUIMIBOND 3000 no solo optimiza el desempeño de las mezclas asfálticas, sino que también asegura su idoneidad para pavimentos, mejorando tanto la estabilidad como la fluidez. Por lo tanto, se sugiere implementar el QUIMIBOND 3000 en proyectos futuros de pavimentación y considerar estudios adicionales para ajustar la dosificación y evaluar su rendimiento en diferentes condiciones. También se recomienda un monitoreo continuo del desempeño de las mezclas asfálticas para asegurar la durabilidad y la eficacia a largo plazo del aditivo.

REFERENCIAS

- Alfaro, D., & Jauregui, D. (2022). Uso de Mejoradores de Adherencia en Mezclas Asfálticas Modificadas para Mitigar la Deformación Permanente Inducida por la Humedad. In *Universidad Ricardo Palma*.
<https://hdl.handle.net/20.500.14138/5808>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (Sexta edic). EDITORIAL EPISTEME, C.A.
http://www.formaciondocente.com.mx/06_RinconInvestigacion/01_Documentos/El Proyecto de Investigacion.pdf
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación serie integral por competencias* (Libro Online) (3a.ed).
<http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- Braja, D. (2015). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica* (Cuarta edi). Cengage Learning Editores.
- CEPLAN. (2021). Directiva para la Formulación y Actualización del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional. *Diario El Peruano*, 18.
<https://www.gob.pe/institucion/ceplan/normas-legales>
- Conde, C., & Palomino, R. (2022). *Incidencia de la calidad de los agregados en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas para pavimentos*.
<http://www.nber.org/papers/w16019>
- Condezo, D., & Prado, G. (2020). Análisis de comportamiento de mezcla asfáltica en caliente con aditivo quimibond advance para climas húmedos villa maría del triunfo. In *Universidad Cesar Vallejo*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Instituto Mexicano del Transporte. (2001). Emulsiones Asfálticas. *IMT*, 48.
<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt23.pdf%0A>
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt23.pdf>
- Maila, M. (2013). Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con

- polímero etileno vinil acetato (EVA). *Universidad Central Del Ecuador*, 66(1997), 37–39. <https://core.ac.uk/download/pdf/71898835.pdf>
- Maylle, A., & Avila, P. (2023). Elaboración de un diseño de mezcla para la estabilización de un suelo con emulsión asfáltica tipo CSS-1h y pavimento asfáltico reciclado (RAP) basado en el procedimiento de Marshall modificado. *Infraestructura Vial*, 25(44), 1–17. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53441>
- MTC. (2013). Manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).” *Manual de Carreteras, Manual(Transportes)*, 1282. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf
- MTC. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*, 281. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos_Manual_de_Carreteras.pdf
- Oviedo, R. (2023). *Aditivos anti stripping y adherencia de las partículas en pavimentos MAC 2 de tránsito medio, Huancayo 2022*. 218. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9671>
- Peña, J. (2019). *Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente incorporandocenizas volantes provenientes de la termoeléctrica de Ilo*. 1–134. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3354531>
- Quispe, G. (2022). *Desempeño óptimo de una mezcla asfáltica en caliente modificada con Polímero Styrene Butadiene Styrene*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5601>
- Rondón, H., & Reyes, A. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño* (2da Edició). Ediciones Ecoe.
- Rondon, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño* (p. 604). Empresa Editora Macro EIRL.
- Urrego, E., & Ruiz, C. (2016). Determinación de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de peña y río. *Universidad Catolica de Colombia*, 88.

<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/9a50b1c0-06eb-4835-bb3b-2b3f6f276ac0>

Vasquez, R. (2023). *Análisis Comparativo del Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente para Pavimento Flexible Urbano empleando Aditivos Adherentes Adhesol3000, Bitucotepus y Quimibond3000.*
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11045>

APÉNDICE

Matriz de Consistencia

1. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>INTERROGANTE PRINCIPAL ¿Cómo es el comportamiento de mezclas asfálticas en caliente entre mezclas convencionales y mezclas con aditivo, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, ¿Tacna -2024?</p> <p>INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo se caracterizan las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para mezclas asfálticas en caliente, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, ¿Tacna – 2024? - ¿Cómo inciden el aditivo de adherencia en los agregados para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, ¿Tacna - 2024? - ¿Cómo inciden el aditivo de adherencia en la estabilidad y flujo de mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, ¿Tacna - 2024? 	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar el comportamiento de mezclas asfálticas en caliente entre mezclas convencionales y mezclas con aditivo, en la avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna - 2024.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para mezclas asfálticas en caliente, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024. • Determinar la incidencia del aditivo de adherencia en los agregados para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024. • Determinar la incidencia del aditivo de adherencia en la estabilidad y flujo de mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna – 2024. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL El comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con aditivo, son cualitativamente mejores que mezclas asfálticas en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, tramo IV, Tacna - 2024.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las características de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados cumplen los requerimientos, para mezclas asfálticas en caliente de la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024. • El aditivo de adherencia aumenta significativamente el porcentaje de adherencia para mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna -2024 • c) El aditivo de adherencia mejora significativamente la estabilidad y flujo de mezclas de asfalto en caliente convencionales, en la avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna - 2024. 	<p>Variable independiente (X) X1. Mezcla asfáltica en caliente.</p> <p>Dimensiones - Parámetros de diseño</p> <p>Indicadores: - Estabilidad (kN) - Flujo (mm)</p> <p>Variable dependiente (Y) Y1. Agregados de mezcla asfáltica en caliente.</p> <p>Dimensiones 1 Propiedades físicas</p> <p>Indicadores 1: - Granulometría - Adherencia - Equivalente de arena</p> <p>Dimensión 2: Propiedades mecánicas</p> <p>Indicadores 2: - Durabilidad - Abrasión del agregado grueso - Partículas chatas alargadas - Acaras fracturadas - Índice de plasticidad</p>	<p>Tipo de investigación: Básica</p> <p>Diseño de investigación: Experimental</p> <p>Ámbito de estudio Mezcla asfáltica de la carretera en la Avenida Jorge Basadre, Tramo IV, Tacna. En el periodo de febrero - junio 2024.</p> <p>Población: Tramo de 1.015 km de la carpeta asfáltica del pavimento</p> <p>Muestra: Dos (02) calicatas de 2.0 m2 cada una en la subrasante Unidad muestral: Dos (02) muestras de suelos por 100 kg para pruebas.</p> <p>Técnicas de Recolección de datos Técnicas: Incluye la recolección de muestras de agregados de 3 m³ de agregados y 15 probetas para pruebas de mezcla asfáltica.</p> <p>Instrumentos -Protocolo de muestreo -Instrumentos de análisis físico -Equipos de análisis mecánico. - Instrumentos de monitoreo</p>
<p>Relevancia: Contribuye con los ODS 9 y 11.</p>				

ANEXOS

Anexo 1: Certificado de laboratório.



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR
TAMIZADO**
NORMA APLICABLE: MTC E 503



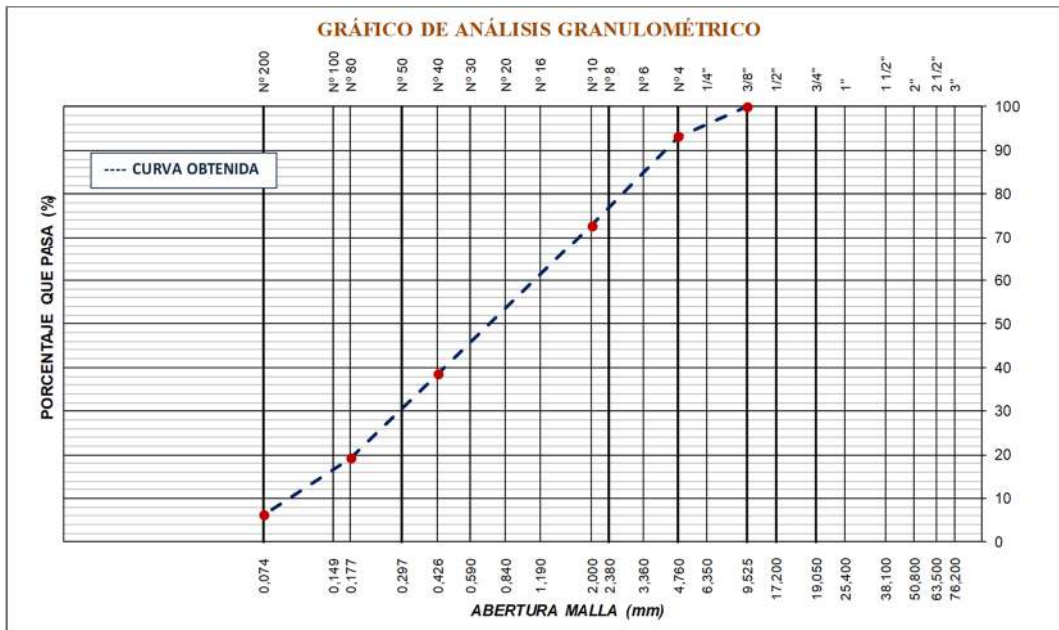
Proyecto: "Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna".

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) **Cantera:** Cabrera - Sinticala

Materia: Avena Zarandeada TM 1/4" **Ubicación:** Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)

Muestra: Promedio **Fecha:** 13/06/2024

MALLAS		PESO		PORCENTAJE		DATOS DE LA MUESTRA
Tamaño	Estándar	RETENID.	RETENID.	ACUM.	PASA	
3"	75,0 mm					Peso Total : <u>923.6</u> grs.
2 1/2"	63,0 mm					
2"	50,0 mm					
1 1/2"	38,1 mm					
1"	25,0 mm					
3/4"	19,0 mm					
1/2"	12,7 mm					
3/8"	9,525 mm					
1/4"	6,35 mm				100.0	
Nº4	4,76 mm	63.6	69	69	93.1	
Nº8	2,38 mm					
Nº10	2,00 mm	188.9	20.4	273	72.7	
Nº16	1,19 mm					
Nº40	426 µm	315.6	34.2	61.5	38.5	
Nº50	297 µm					
Nº80	177 µm	177.7	19.2	80.8	19.2	
Nº100	149 µm	41.8	4.5	85.3	14.7	
Nº200	74 µm	79.3	8.6	93.9	6.1	
< 200	-	56.7	61	100.0	-	





**ANALISIS GRANULOMETRICO POR
TAMIZADO**
NORMA APLICABLE: MTC E 503

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: "Reparación de Superficie de Rodadura en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna".

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)

Cantera: Cabrera - Sinticala

Materia: Avena Triturada TM. 1/4"

Ubicación: Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)

Muestra: Promedio

Fecha: 13/06/2024

MALLAS		PESO		PORCENTAJE		DATOS DE LA MUESTRA
Tamaño	Estándar	RETENID.	RETENID.	ACUM.	PASA	
3"	75,0 mm					Peso Total : <u>854.3</u> grs.
2 1/2"	63,0 mm					
2"	50,0 mm					
1 1/2"	38,1 mm					
1"	25,0 mm					
3/4"	19,0 mm					
1/2"	12,7 mm					
3/8"	9,525 mm					
1/4"	6,35 mm				100.0	
Nº4	4,76 mm	16.2	19	19	98.1	
Nº8	2,38 mm					
Nº10	2,00 mm	217.3	25.4	273	72.7	
Nº16	1,19 mm					
Nº40	426 µm	345.1	40.4	67.7	32.3	
Nº50	297 µm					
Nº80	177 µm	112.7	13.2	80.9	19.1	
Nº100	149 µm	27.9	3.3	84.2	15.8	
Nº200	74 µm	57.8	6.8	90.9	9.1	
< 200	-	77.3	9.1	100.0	-	





**ANALISIS GRANULOMETRICO POR
TAMIZADO**
NORMA APLICABLE: MTC E 503



Proyecto: 'Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)

Cantera: Cabrera - Sinticala

Material: Piedra Chancada TN. 1/2'

Ubicación: Km. 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)

Muestra: Promedio

Fecha: 13/06/2024

MALLAS		PESO		PORCENTAJE		DATOS DE LA MUESTRA
Tamaño	Estándar	RETENID.	RETENID.	ACUM.	PASA	
3"	75,0 mm					Peso Total : <u>15010.0</u> grs.
2 1/2"	63,0 mm					
2"	50,0 mm					
1 1/2"	38,1 mm					
1"	25,0 mm					
3/4"	19,0 mm				100.0	
1/2"	12,7 mm	4053	27.0	27.0	73.0	
3/8"	9,525 mm	4322	28.8	55.8	44.2	
1/4"	6,35 mm					
Nº4	4,76 mm	5567.0	37.1	92.9	7.1	
Nº8	2,38 mm					
Nº10	2,00 mm	1028.0	6.8	99.7	0.3	
Nº16	1,19 mm					
Nº40	426 µm	45.0	0.3	100.0	0.0	
Nº50	297 µm					
Nº80	177 µm					
Nº100	149 µm					
Nº200	74 µm					
<200	-					





ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMA APLICABLE: MTC E 503



Proyecto: "Reparación de Superficie de Rodadura; en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna".

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)

Cantera: Cabrera -Sinticala

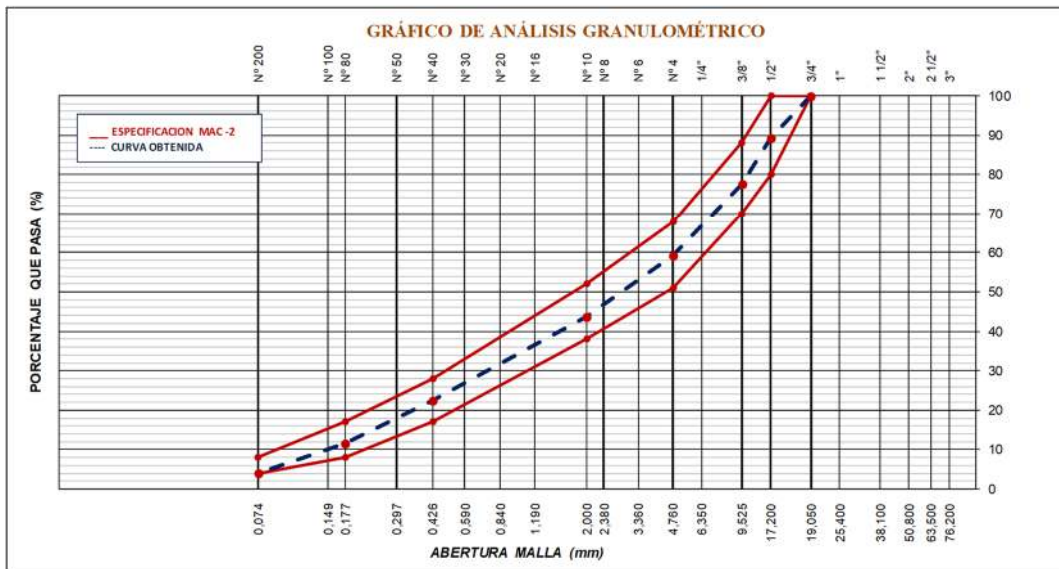
Material: Arena Zarandada TM1/4" - 45% Arena Triturada TM1/4" - 15% y Piedra Chancada TMN. 1/2" - 40%

Ubicación: Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)

Muestra: Combinación de Agregados

Fecha: 13/06/2024

MALLAS		GRAVA TRITURADA 1/2"	ARENA Zarandada 1/4"	ARENA TRITURADA 1/4"	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	% DE AGREGADOS	
Tamaño	Estándar	40%	50%	10%	RETENID.	ACUM.	PASA	MAC - 2		
3"	75,0 mm									Piedra Chancada TN. 1/2" 40.0 %
2 1/2"	63,0 mm									Arena Zarandada TM1/4" 45.0 %
2"	50,0 mm									Arena Triturada TM1/4" 15.0 %
1 1/2"	38,1 mm									100.0 %
1"	25,0 mm									
CARACTERISTICAS										
3/4"	19,0 mm						100.0	100		Tamaño Máximo 3/4"
1/2"	12,7 mm	10.8			10.8	10.8	89.2	80 - 100		Tamaño Máximo Nominal 1/2"
3/8"	9,525 mm	11.5			11.5	223	77.7	70 - 88		Grava (%) 40.8
1/4"	6,35 mm									Arena (%) 59.2
Nº4	4,76 mm	14.8	3.4	0.2	18.5	40.8	59.2	51 - 68		Finos (%) 4.0
Nº8	2,38 mm									
Nº10	2,00 mm	2.7	10.2	2.5	15.5	563	43.7	38 - 52		
Nº16	1,19 mm									
Nº40	426 µm	0.1	17.1	4.0	21.2	77.5	22.5	17 - 28		
Nº50	297 µm									
Nº80	177 µm		9.6	1.3	10.9	88.5	11.5	8 - 17		
Nº100	149 µm		2.3	0.3	2.6	91.1	8.9			
Nº200	74 µm		4.3	0.7	5.0	96.0	4.0	4 - 8		
<200	-									





RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)*

Cantera: *Cabrera - Sinticda*

Material: *Arena Triturada TM. 1/4'*

Ubicación: *Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

<i>Ensayo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Norma Aplicada</i>	<i>Valor de ensayo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Limite Especificación</i>
<i>Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)</i>	%	MTC E 209	92	%	18 % Máx.
<i>Abrasión en La Máquina de Los Ángeles</i>	%	MTC E 207	230	%	40 % Máx.
<i>Adherencia</i>	%	MTC E 517	+95	%	95 %
<i>Índice de Durabilidad</i>	%	MTC E 214	45	%	35 % Mín.
<i>Partículas chatas y alargadas</i>	%	ASTM 4791	8.9	%	10 % Máx.
<i>Caras fracturadas (1Cara y 2 Caras)</i>	%	MTC E 210	92.4 / 84.3	%	85/50 % Mín.
<i>Salas Solubles Totales</i>	%	MTC E 219	0.41	%	0.5 % Máx.
<i>Absorción</i>	%	MTC E 206	0.82	%	10 % Máx.

Anexo 2: Análisis de agregados para el diseño



**METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL
VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y
AGREGADO FINO**

GEOTEC SUR
INGENIERIA

NORMA APLICABLE: MTC E 114

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sinticada*

Material: *Arena Zarandada TM. 1/4' Y Arena Triturada TM. 1/4'* Ubicación: *Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

EQUIVALENTE DE ARENA

DATOS DE LA MUESTRA		IDENTIFICACION				PROMEDIO
		1	2	3		
<i>Tamaño máximo (pasa malla N° 4)</i>	<i>mm</i>	5.52	5.54	5.56		
<i>Hora de entrada a saturación</i>	<i>00:10</i>	10:10	10:12	10:14		
<i>Hora de salida de saturación</i>	<i>(mas 10')</i>	10:20	10:22	10:24		
<i>Hora de entrada a decantación</i>	<i>00:02</i>	10:22	10:24	10:26		
<i>Hora de salida de decantación</i>	<i>(mas 20')</i>	10:42	10:44	10:46		
<i>Altura máxima de material fino</i>	<i>(pulg)</i>	4.10	4.10	4.00		
<i>Altura máxima de la arena</i>	<i>(pulg)</i>	2.60	2.70	2.60		
<i>Equivalente de Arena</i>	<i>%</i>	64.0	66.0	65.0		65.0

Observaciones:



ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

NORMA APLICABLE: MTC E 222

GEOTECSUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) Cantera: Cabrera - Sinticala Fecha: 13/06/2024

Material: Arena Triturada TM.1/4" Ubicación: Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)

ENSAYO DE ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA				
PARAMETRO FISICO A MEDIR	UNID.	PRUEBA 1	PRUEBA 2	RESULTADO PROMEDIO
Temperatura de ensayo	(°C)	25.6	25.0	
Masa Muestra SSS (S)	(g)	5000	5000	
Masa Picnometro + Agua + Muestra (C)	(g)	9760	978.0	
Masa Picnometro + Agua (B)	(g)	6673	667.8	
Masa seca al aire	(cm ³)	488.4	488.2	
Gsb (23/23°C)		2.553	2.572	2.563

DATOS DE ENSAYO	UNIDADES	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Volumen del Cilindro {V}	{cm ³ }	100.60	100.60	100.60
Peso del Cilindro	{g}	172.00	172.00	172.00
Peso del Cilindro + Material	{g}	322.00	322.50	322.40
Peso del Material {F}	{g}	150.00	150.50	150.40
Gs del Material {G}	{g/cm ³ }	2.563	2.563	2.563
Porcentaje de Vacios del Material {U}	%	41.8	41.6	41.7
Porcentaje de Vacios Promedio {U s}	%		41.7	

Observaciones:



VALOR DE AZUL DE METILENO
NORMA APLICABLE: AASHTO TP 57 - AASHTO T-330

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sinticda* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Arena Triturada TM. 1/4"* Ubicación: *Km. 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ENSAYO DE VALOR DE AZUL DE METILENO

$$VA = \frac{C \times V}{W}$$

<i>C - Concentración de la Solución de Azul de Metileno (mg de Azul por ml de solución)</i>	<i>7</i>
<i>V - ml de solución de Azul de Metileno requerida para prueba positiva (0.1 ml)</i>	<i>11.5</i>
<i>W - Muestra seca utilizada en el ensayo (0.01 g)</i>	<i>11.0</i>
RESULTADO DE VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/g)	7.3

Observaciones: *Agregado fino pasante tamiz N° 200.*



LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

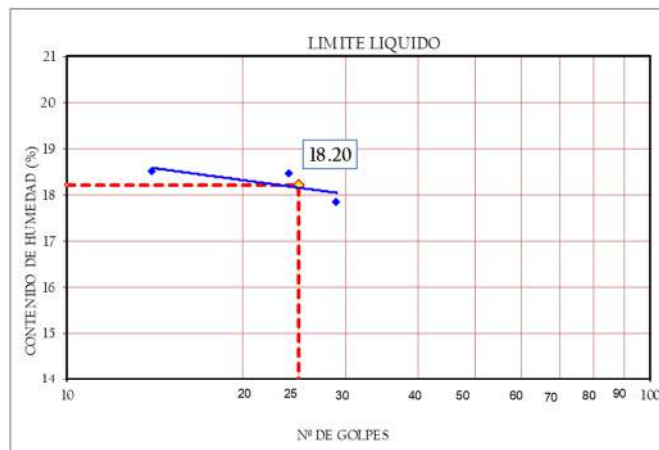
NORMA APLICABLE : MTC E 110 - MTC E 111

GEOTEC SUR
F.P.
INGENIERIA

Proyecto:	*Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.		
Concepto:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)	Cantera:	Cabrera - Santicaca
Material:	Arena Triturada T.M. 1/4"	Ubicación:	Km 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)
		Fecha:	13/06/2024

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) - TAMIZ N° 40					
RECIPIENTE N°	N°	6	4	2	Observaciones:
N° DE GOLPES	N°	29	24	14	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	46.57	46.47	47.99	
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	42.13	41.85	42.72	
PESO DEL RECIPIENTE	grs	16.79	16.93	16.19	
PESO DE AGUA	grs	4.44	4.62	5.27	
PESO DEL SUELO SECO	grs	25.34	24.92	26.53	
% DE HUMEDAD	%	17.52	18.54	19.86	

LIMITE PLASTICO (MTC E 111) - TAMIZ N° 40					
RECIPIENTE N°	N°				Observaciones:
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs				NP
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs				
PESO DEL RECIPIENTE	grs				
PESO DE AGUA	grs				
PESO DEL SUELO SECO	grs				
% DE HUMEDAD (Límite Plástico)	%				



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
18.20%	NP	NP

Observaciones:

Agregado fino pasante tamiz N° 40.



INDICE DE DURABILIDAD

NORMA APLICABLE: MTC E 214



Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sinticala* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Arena Triturada TM 1/4'* Ubicación: *Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ENSAYO DE INDICE DE DURABILIDAD

ENSAYO DEL AGREGADO FINO

<i>Análisis de</i>	<i>Índice de durabilidad</i> %	<i>Condiciones ambientales de laboratorio</i>	
		<i>Temperatura</i> °C	<i>Humedad relativa</i> %
<i>Arena triturada 1/4'</i>	44.2	16.0	70.0

<i>TOTAL (%)</i>	<i>44.2 %</i>
------------------	---------------

OBSERVACIONES: _____



LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

GEOTEC SUR
INGENIERIA

NORMA APLICABLE : MTC E 110 - MTC E 111

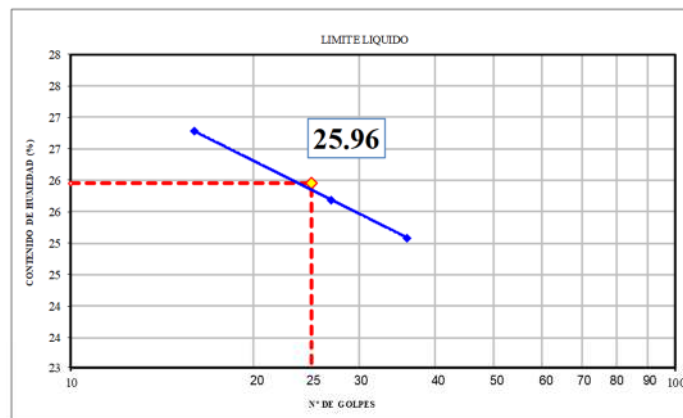
Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecindes que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sinticda* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Arena Triturada TM. 1/4"* Ubicación: *Km. 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110) - TAMIZ N° 200					
RECIPIENTE N°	N°	1	2	3	Observaciones:
N° DE GOLPES	N°	16	27	36	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	66.80	65.22	66.57	
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	57.90	56.81	58.10	
PESO DEL RECIPIENTE	grs	24.40	24.80	23.82	
PESO DE AGUA	grs	8.90	8.41	8.47	
PESO DEL SUELO SECO	grs	33.50	32.01	34.28	
% DE HUMEDAD	%	26.57	26.27	24.71	

LIMITE PLASTICO (MTC E 111) - TAMIZ N° 200					
RECIPIENTE N°	N°	4	5	PROMEDIO	Observaciones:
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	grs	33.60	32.40		
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs	31.80	30.93		
PESO DEL RECIPIENTE	grs	23.88	24.10		
PESO DE AGUA	grs	1.80	1.47		
PESO DEL SUELO SECO	grs	7.92	6.83		
% DE HUMEDAD (Límite Plástico)	%	22.73	21.52	22.13	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
25.96	22.13	3.84

Observaciones:

Agregado fino pasante tamiz N° 200.



ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES

NORMA APLICABLE: MTC E 219 - MTC E 1999



Proyecto: **Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* **Cantera:** *Cabrera - Sinticala* **Fecha:** *13/06/2024*

Material: *Arena Triturada TM.1/4"* **Ubicación:** *Km. B15+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES AGREGADO FINO				
DATOS	UNIDAD	1	2	PROMEDIO
PESO TARRO (BIKER 500 ML)	gr	104.52	105.11	
PESO TARRO +AGUA +SAL	gr	250.10	257.22	
PESO TARRO SECO + SAL	gr	105.25	105.77	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA, CORREGIDA	gr	105.25	105.77	
PESO DE SAL	gr	0.73	0.66	
PESO DE AGUA	gr	144.85	151.45	
PORCENTAJE DE SALES SOLUBLES TOTALES	%	0.504	0.436	0.470

Observaciones: _____



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO

NORMA APLICABLE: MTC E 205 - MTC E 206

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *'Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* **Cantera:** *Cabrera - Sinticala* **Fecha:** *13/06/2024*

Material: *Arena Triturada TM. 1/4"* **Ubicación:** *Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS (MTC E 205)				
<i>DATOS</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	
PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIAL SECO (EN AIRE)	<i>gr</i>	5000	5000	
PESO DE FRASCO + AGUA	<i>gr</i>	6748	6748	
PESO DE FRASCO + AGUA + PESO MATERIAL SSS	<i>gr</i>	11748	11748	
PESO DE MATERIAL + AGUA EN EL FRASCO	<i>gr</i>	9869	9875	
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	<i>cc</i>	1879	1873	
PESO DE MATERIAL SECO	<i>gr</i>	4972	4976	
VOLUMEN DE MASA	<i>cc</i>	1851	1849	

RESULTADOS	UNIDAD	1	2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	<i>gr/cc</i>	2.646	2.657	<i>2.651</i>
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	<i>gr/cc</i>	2.661	2.670	<i>2.665</i>
PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA)	<i>gr/cc</i>	2.686	2.691	<i>2.689</i>
PORCENTAJE DE ABSORCION	<i>%</i>	0.563	0.482	<i>0.523</i>

Observaciones: _____



RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Cdiente (MAC - 2)* **Cantera:** *Cabrera - Sinticada*

Material: *Arena Triturada TM.1/4"* **Ubicación:** *Km. 1315+500 (via Tacna a Complejo Santa Rosa)*

RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO					
Ensayo	Unidad	Norma Aplicada	Valor ensayo	Unidad	Especificación técnica
Equivalente de arena	%	MTC E 114	65.0	%	60 % Mín.
Angularidad del agregado fino	%	MTC E 222	41.7	%	30 % Mín.
Azul de metileno	%	AASHTO TP 57	7.3	%	8 % Máx.
Índice de Plasticidad – Malla N° 40	%	MTC E 111	NP	%	NP
Índice de durabilidad	%	MTC E 214	44.2	%	35 % Mín.
Índice de Plasticidad – Malla N° 200	%	MTC E 111	3.8	%	4 % Máx.
Sales Solubles Totales	%	MTC E 219	0.5	%	0.5 % Máx.
Absorción	%	MTC E 205	0.5	%	0.5 % Máx.



DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO

NORMA APLICABLE: MTC E 209



Proyecto: *'Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sinticda* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Piedra Chancada TMN. 3/4"* Ubicación: *Km. 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO						
ENSAYO DEL AGREGADO GRUESO						
TAMIZ		ESCALONADO ORIGINAL (%)	PESO FRACCION (g)	PERDIDAS DESPUES DEL ENSAYO		
PASA	RETIENE			PESO (g)	SIN CORREGIR (%)	CORREGIDO (%)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	15.4	7330	444	6.1	0.9
1/2"	3/8"	32.6	3300	144	4.4	1.4
3/8"	N° 4	52.0	3000	39.5	13.2	6.8

TOTAL (%)	9.2
-----------	-----

OBSERVACIONES:



ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

NORMA APLICABLE: MTC E 207



Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* **Cantera:** *Cabrera - Sinticala* **Fecha:** *13/06/2024*

Material: *Piedra Chancada T.MN. 3/4"* **Ubicación:** *Km. 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)					
TAMIZ		GRADACIONES			
		A	B	C	D
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"	25010			
1/2"	3/8"	25030			
3/8"	No 4				
PESO TOTAL		50040			
Retenido en la malla N° 12		3,852			
Que pasa en la malla N° 12		1,152			
N° de Esferas		12			
Peso de las Esferas Kg		425.0			
% Desgaste		23.0			

OBSERVACIONES:



ADHERENCIA AGREGADO - BITUMEN

NORMA APLICABLE: MTC E 517 519, AASHTO T 182 84

GEOTEC SUR
E. R. L.
I N G E N I E R I A

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sintica* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Piedra Chancada TMN. 3/4"* Ubicación: *Km. 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ADHERENCIA AGREGADO

MUESTRA	% DE RECUBRIMIENTO	CONDICION DE PRUEBA
GRAVA CHANCADA + PEN 60/70	+95	INMERSION EN AGUA 100 GRADOS CELSIUS POR 10 MIN.
GRAVA CHANCADA + PEN 60/70	+95	
GRAVA CHANCADA + PEN 60/70	+95	
GRAVA CHANCADA + PEN 60/70	+95	

OBSERVACIONES: _____



INDICE DE DURABILIDAD
NORMA APLICABLE: MTC E 214



Proyecto: *'Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sintica* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Piedra Chancada T.M.N. 3/4"* Ubicación: *Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ENSAYO DE INDICE DE DURABILIDAD

ENSAYO DEL AGREGADO GRUESO

<i>Análisis de</i>	<i>Índice de durabilidad</i> %	<i>Condiciones ambientales de laboratorio</i>	
		<i>Temperatura</i> °C	<i>Humedad relativa</i> %
<i>Grava triturada 3/4"</i>	45.0	16.0	72.0

TOTAL (%)	45 %
------------------	-------------

OBSERVACIONES: _____



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS

NORMA APLICABLE: MTC E 223

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sinticada* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Piedra Chancada T.M.N. 3/4"* Ubicación: *Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS Y ALARGADAS			
Tamiz	Abertura	Peso Ret.	% Ret.	% Pasa	PESO	Chatas y alargadas	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)							
3"	76.200							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050			1000				
1/2"	12.700	30720	58.3	463	29600	1520	5.1	299.4
3/8"	8.750	26450	41.7		24850	3510	14.1	589.0
TOTAL		57170	100.0		54450	5030	19.3	888.4

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	5,717	Grs.	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	8.9	%	

OBSERVACIONES: _____



DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO

NORMA APLICABLE: MTC E 209

GEOTEC SUR
E. I. R. L.
INGENIERIA

Proyecto: Reparación de Superficie de Rodadura en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) Cantera: Cabrera - Sintica Fecha: 13/06/2024

Material: Piedra Chancada T.M.N. 3/4" Ubicación: Km. 1315+500 (vía Tacna a Comp)

METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO						
<i>A - Agregados Con Una Cara Fracturada</i>						
Tamaño de las Partículas		Masa Inicial Antes del Ensayo (A)	Masa de la Fracción con Cara Fracturada (B)	% de la Fracción con Cara Fracturada (C)	Graduación Original de la Muestra (D)	E (C*D)
Pasante en Tamiz	Retenido en Tamiz	(0.1g)	(0.1g)	((B/A)*100) (0.1%)	(0.1%)	(0.1g)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	3072.0	3067.0	99.8	53.7	5361.3
1/2"	3/8"	2645.0	2216.6	83.8	46.3	3880.1
TOTAL		5717.0	5283.6	---	100.0	9241.4

% Agregados Con Una Cara Fracturada (Total E / Total D) = 92.4 %

<i>B - Agregados Con Dos o Más Caras Fracturadas</i>						
Tamaño de las Partículas		Masa Inicial Antes del Ensayo (A)	Masa de la Fracción con Caras Fracturadas (B)	% de la Fracción con Caras Fracturadas (C)	Graduación Original de la Muestra (D)	E (C*D)
Pasante en Tamiz	Retenido en Tamiz	(0.1g)	(0.1g)	((B/A)*100) (0.1%)	(0.1%)	(0.1g)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	3072.0	2617.0	85.2	53.7	4574.6
1/2"	3/8"	2645.0	2203.0	83.3	46.3	3856.3
TOTAL		5717.0	4820.0	---	100.0	8430.9

% Agregados Con Dos o Más Caras Fracturadas (Total E / Total D) = 84.3 %

Observaciones: _____



ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES

NORMA APLICABLE: MTC E 219 - MTC E 1999



Proyecto: *'Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera - Sinticda* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Piedra Chancada T.MN. 3/4'* Ubicación: *Km. 1315+500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES AGREGADO GRUESO

<i>DATOS</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>PROMEDIO</i>
PESO TARRO (BIKER 500ML)	<i>gr</i>	164.98	169.00	
PESO TARRO + AGUA + SAL	<i>gr</i>	242.00	242.50	
PESO TARRO SECO + SAL	<i>gr</i>	165.35	169.25	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA, CORREGIDA	<i>gr</i>	165.35	169.25	
PESO DE SAL	<i>gr</i>	0.37	0.25	
PESO DE AGUA	<i>gr</i>	76.65	73.25	
PORCENTAJE DE SALES SOLUBLES TOTALES	%	0.483	0.341	0.41

Observaciones: _____



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y
ABSORCION DEL AGREGADO**
NORMA APLICABLE: MTC E 205 - MTC E 206



Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Cantera: *Cabrera-Sintica* Fecha: *13/06/2024*

Material: *Piedra Chancada T.M.N. 3/4'* Ubicación: *Km. 1315 + 500 (vía Tacna a Complejo Santa Rosa)*

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS (MTC E 206)

DATOS	UNIDAD	1	2	
PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIAL SECO (EN AIRE)	gr	1499.0	1692.0	
PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIAL SECO (EN AGUA)	gr	940.0	1063.0	
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	cc	559.0	629.0	
PESO DE MATERIAL SECO	gr	1487.0	1678.0	
VOLUMEN DE MASA	cc	547.0	615.0	

RESULTADOS	UNIDAD	1	2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	gr/cc	2.660	2.668	<i>2.664</i>
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	gr/cc	2.682	2.690	<i>2.686</i>
PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA)	gr/cc	2.718	2.728	<i>2.723</i>
PORCENTAJE DE ABSORCION	%	0.807	0.834	<i>0.821</i>

Observaciones:

Anexo 3: Diseño de mezcla asfáltica en caliente



DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS EN EL MARSHALL

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Diseño: *Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60-70*

Material: *Comb. de agreg: Arena Zarand. y Arena Tritur. TM 1/4' - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2' - 40%* Fecha: *13/06/2024*

% GRAVA EN LA CURVA	40.0
% ARENA EN LA CURVA	60.0

COMBINACIÓN	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
TOTAL (%)	100	100	100	100	100
ASFALTO (%)	45	5.0	5.5	6.0	6.5
MEJORADOR DE ADHERENCIA (%) (QUIMIBOND 3000)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
% TOTAL (GRAVA + ARENA) EN EL MARSHALL	95.5	95.0	94.5	94.0	93.5
(%) PIEDRA EN EL MARSHALL	38.2	38.0	37.8	37.6	37.4
(%) ARENA EN EL MARSHALL	57.3	57.0	56.7	56.4	56.1



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: 'Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecindes que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb. de agreg: Arena Zarand. y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 13/06/2024

% DE CA : **5.0**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5.00	5.00	5.00		5.00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	38.00	38.00	38.00		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	57.00	57.00	57.00	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1.014	1.014	1.014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.664	2.664	2.664		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.651	2.651	2.651		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1195.8	1195.9	1195.7		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1199.4	1199.7	1199.5		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	680.1	680.4	680.1		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	519.3	519.3	519.4		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.303	2.303	2.302		2.303
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.439	2.439	2.439		
15	% de vacíos	5.6	5.6	5.6		5.6
16	Peso específico bulk del agregado total	2.656	2.656	2.656		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	17.64	17.64	17.66		17.6
18	% de vacíos llenos con asfalto (VEA)	68.33	68.36	68.22		68.3
19	Peso específico del agregado total	2.634	2.634	2.634		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.70	0.70	0.70		
21	% de asfalto efectivo	43.4	43.4	43.4		
22	Flujo (mm)	6.39	6.55	6.61		6.52
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1485	1463	1502		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1514	1492	1532		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida (lg)	1514	1492	1532		1513
27	Índice de rigidez (lg/cm)	2370	2278	2317		2321
28	Relación Polvo Asfalto	0.77	0.77	0.77		0.77

OBSERVACIONES: _____



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: 'Reparación de Superficie de Rodadura en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb de agreg: Arena Z arand y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 13/06/2024

% DE C.A : **4.5**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	450	450	450		4.50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	3820	3820	3820		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	5730	5730	5730	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.664	2.664	2.664		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.651	2.651	2.651		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1195.4	1195.8	1195.5		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1198.9	1198.7	1198.7		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	673.1	673.5	673.2		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	525.8	525.2	525.5		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.273	2.277	2.275		2.275
14	Peso específico máximo ASTM D-2041 (RICE)	2.437	2.437	2.437		
15	% de vacíos	6.7	6.6	6.6		6.6
16	Peso específico bulk del agregado total	2.656	2.656	2.656		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	18.26	18.14	18.21		18.2
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	63.25	63.77	63.48		63.5
19	Peso específico del agregado total	2.610	2.610	2.610		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.66	0.66	0.66		
21	% de asfalto efectivo	3.87	3.87	3.87		
22	Flujo (mm)	6.05	6.15	6.10		6.10
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1645	1605	1675		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1677	1637	1708		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	0.96	0.96	0.96		
26	Estabilidad corregida (lg)	1610	1571	1640		1607
27	Índice de rigidez (lg/cm)	2662	2555	2688		2635
28	Relación Polvo Asfalto	0.68	0.68	0.68		0.68

OBSERVACIONES:



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

Proyecto: Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb. de agreg: Arena Z arand. y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 13/06/2024

% DE C.A. : 5.5

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5.50	5.50	5.50		5.50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37.80	37.80	37.80		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.70	56.70	56.70	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.664	2.664	2.664		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.651	2.651	2.651		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1195.8	1195.0	1195.8		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1196.7	1197.0	1196.3		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	681.4	681.6	681.5		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	515.3	515.4	514.8		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.321	2.319	2.323		2.321
14	Peso específico máximo ASTM D-2041 (RICE)	2.441	2.441	2.441		
15	% de vacíos	4.9	5.0	4.8		4.9
16	Peso específico bulk del agregado total	2.656	2.656	2.656		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	17.44	17.51	17.36		17.4
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	71.71	71.36	72.12		71.7
19	Peso específico del agregado total	2.659	2.659	2.659		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.80	0.80	0.80		
21	% de asfalto efectivo	4.74	4.74	4.74		
22	Flujo (mm)	7.02	7.08	7.04		7.05
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1426	1455	1428		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1454	1484	1352		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida (lg)	1454	1484	1352		1430
27	Índice de rigidez (lg/cm)	2071	2096	1920		2029
28	Relación Polvo Asfalto	0.84	0.84	0.84		0.84

OBSERVACIONES:



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb. de agreg: Arena Z arand. y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 13/06/2024

% DE C.A. : 6.0

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6.00	6.00	6.00		6.00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37.60	37.60	37.60		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.40	56.40	56.40	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.664	2.664	2.664		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.651	2.651	2.651		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1195.0	1195.2	1195.1		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1195.9	1195.5	1196.2		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	685.2	685.3	685.1		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	5107	5102	5111		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.340	2.343	2.338		2.340
14	Peso específico máximo ASTM D-2041 (RICE)	2.445	2.445	2.445		
15	% de vacíos	4.3	4.2	4.4		4.3
16	Peso específico bulk del agregado total	2.656	2.656	2.656		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	17.19	17.10	17.25		17.2
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	75.00	75.51	74.70		75.1
19	Peso específico del agregado total	2.687	2.687	2.687		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.85	0.85	0.85		
21	% de asfalto efectivo	5.20	5.20	5.20		
22	Flujo (mm)	7.48	7.44	7.51		7.48
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1348	1364	1342		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1375	1391	1368		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida (lg)	1375	1391	1368		1378
27	Índice de rigidez (lg/cm)	1838	1869	1822		1843
28	Relación Polvo Asfalto	0.92	0.92	0.92		0.92

OBSERVACIONES:



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparacion de Superficie de Rodadura, en Vias Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb de agreg: Arena Z arand y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 13/06/2024

% DE C.A : **6.5**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6.50	6.50	6.50		6.50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37.40	37.40	37.40		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.10	56.10	56.10	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.696	2.696	2.696		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.696	2.696	2.696		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1195.4	1195.6	1195.3		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1195.1	1196.0	1195.9		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	683.1	683.0	683.1		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	512.0	513.0	512.8		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.335	2.331	2.331		2.332
14	Peso específico máximo ASTM D-2041 (RICE)	2.403	2.403	2.403		
15	% de vacíos	2.8	3.0	3.0		3.0
16	Peso específico bulk del agregado total	2.696	2.696	2.696		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	19.03	19.17	19.16		19.1
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	85.08	84.29	84.35		84.6
19	Peso específico del agregado total	2.656	2.656	2.656		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.90	0.90	0.90		
21	% de asfalto efectivo	5.66	5.66	5.66		
22	Flujo (mm)	8.12	8.34	8.21		8.22
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1145	1085	1164		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1168	1106	1187		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.04	1.04	1.04		
26	Estabilidad corregida (lg)	1214	1151	1234		1200
27	Índice de rigidez (lg/cm)	1495	1380	1504		1460
28	Relación Polvo Asfalto	100	100	100		1.00

OBSERVACIONES:



GRÁFICOS DEL ENSAYO MARSHALL

GEOTEC SUR
INGENIERIA

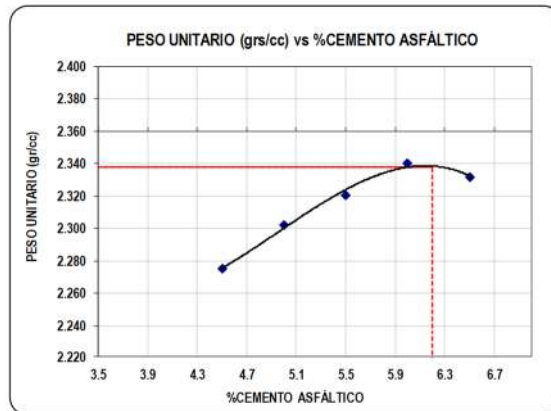
Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Diseño: *Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70*

Material: *Comb. de agreg. Arena Zarand. y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40%* Fecha: *13/06/2024*

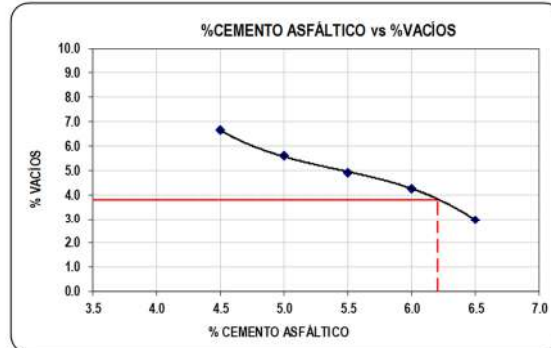
ASFALTO	P.U
%	grs/cc
4.5	2.275
5.0	2.303
5.5	2.321
6.0	2.340
6.5	2.332

%CEMENTO ASFALTICO
6.2
PESO UNITARIO (gr/cc)
2.338



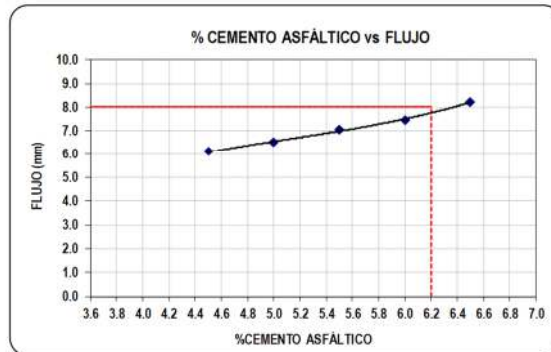
ASFALTO	VACÍOS
(%)	(%)
4.5	6.6
5.0	5.6
5.5	4.9
6.0	4.3
6.5	3.0

%PORCENTAJE DE VACIOS
3.8



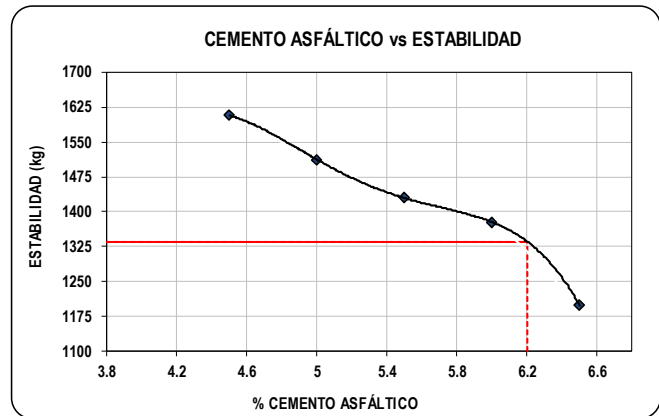
ASFALTO	FLUJO
(%)	(mm)
4.5	6.1
5.0	6.5
5.5	7.0
6.0	7.5
6.5	8.2

%FLUJO
8.0



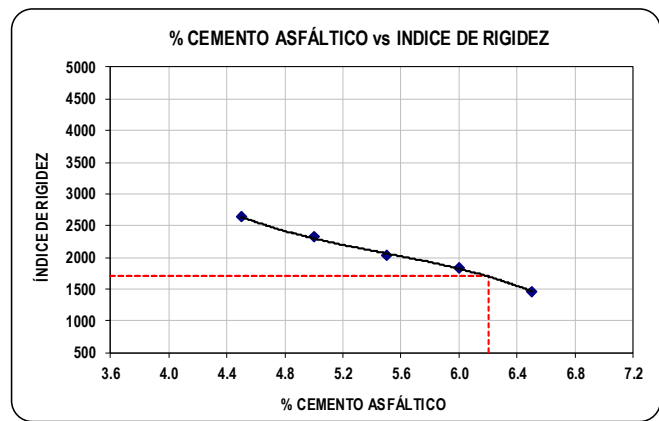
ASFALTO (%)	ESTABILIDAD (kg)
4.5	1607.0
5.0	1512.6
5.5	1429.9
6.0	1378.0
6.5	1199.8

ESTABILIDAD (kg)
1335



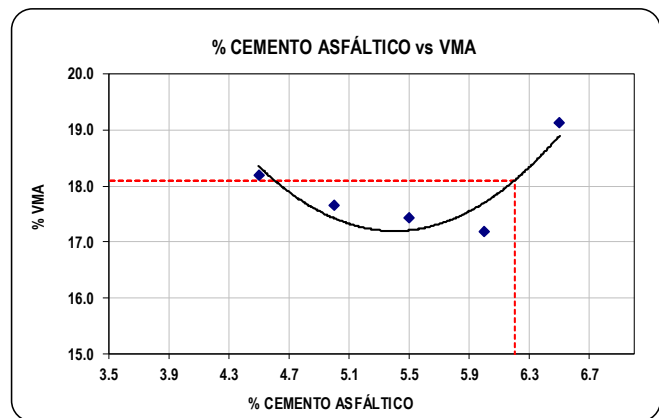
ASFALTO (%)	ÍNDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)
4.5	2634.8
5.0	2321.5
5.5	2029.1
6.0	1843.1
6.5	1459.5

ÍNDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)
1700



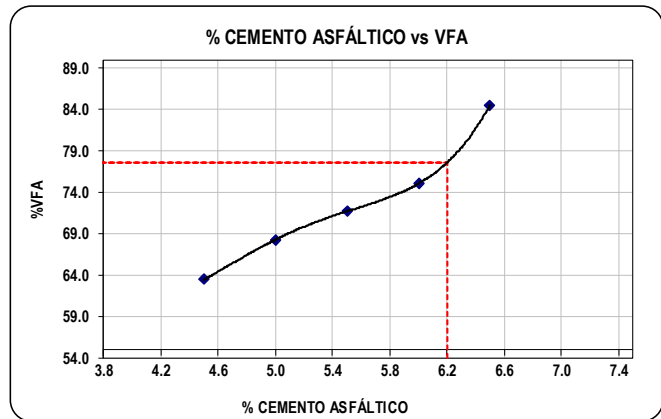
ASFALTO (%)	VMA (%)
4.5	18.2
5.0	17.6
5.5	17.4
6.0	17.2
6.5	19.1

% VMA
18.1



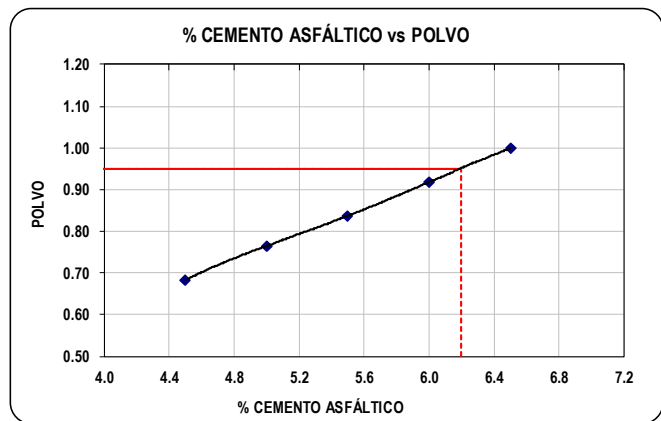
ASFALTO	VFA
(%)	(%)
4.5	63.5
5.0	68.3
5.5	71.7
6.0	75.1
6.5	84.6

% VFA
77.6



ASFALTO	POLVO
(%)	(%)
4.5	0.68
5.0	0.77
5.5	0.84
6.0	0.92
6.5	1.00

POLVO/ASFALTO
0.95





CARACTERISTICAS FISICAS MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MAC - 2

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Diseño: *Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60-70*

Material: *Comb. de agreg: Arena Zarand. y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40%* Fecha: *13/06/2024*

RESUMEN DE RESULTADOS Y REQUISITOS PARA LA MEZCLA

PARAMETROS DE DISEÑO	NORMA DEL ENSAYO	ESPECIFICACION	VALOR OBTENIDO
Porcentaje de asfalto %	-	Optimo	62
Compactación golpes/cara	MTCE-504	75	75
Estabilidad mínima en lsg	MTCE-504	Mínima 815	1335
Flujo en 0.25 mm	MTCE-504	8-14	8
% de Vacíos con aire (Va)	MTCE-505	3 - 5	3.8
% Vacíos agreg mineral (VMA)	-	≥ 14	18.1
% Vacíos llenos con CA. (VFA)	-	-	77.6
Relación Polvo - Asfalto	-	0.6 - 1.3	0.95
Relación Estabilidad/Flujo (Kg/cm)	MTCE-504	1700 - 4000	1700

DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS

Cemento Asfáltico (%)	62	REFERENCIA SÓLO A CURVA GRANULOMETRICA	
Grava Trit. 1/2" (%)	40.0	PIEDRAS (%)	40.0
Arena Chan Y Arena Zarand. 1/4"	60.0	Arena Chan Y Arena Zarand. 1/4" (%)	60.0



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecindes que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) + Aditivo **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb. de agreg: Arena Zarand. y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 15/06/2024

% DE CA : **4.5**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	4.50	4.50	4.50		4.50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	38.20	38.20	38.20		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	57.30	57.30	57.30	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1032	1032	1032		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.669	2.669	2.669		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.655	2.655	2.655		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1196.2	1196.3	1196.8		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1199.3	1199.7	1199.5		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	675.2	675.3	675.1		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	524.1	524.4	524.4		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.282	2.281	2.282		2.282
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.441	2.441	2.441		
15	% de vacíos	6.5	6.5	6.5		6.5
16	Peso específico bulk del agregado total	2.661	2.661	2.661		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	18.08	18.12	18.08		18.1
18	% de vacíos llenos con asfalto (VEA)	64.05	63.88	64.03		64.0
19	Peso específico del agregado total	2.609	2.609	2.609		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.67	0.67	0.67		
21	% de asfalto efectivo	3.86	3.86	3.86		
22	Flujo (mm)	7.58	7.75	7.61		7.65
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	2013	2068	2049		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	2053	2109	2089		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	0.96	0.96	0.96		
26	Estabilidad corregida (lg)	1971	2024	2006		2000
27	Índice de rigidez (lg/cm)	2600	2612	2636		2616
28	Relación Polvo Asfalto	0.68	0.68	0.68		0.68

OBSERVACIONES: _____



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: 'Reparación de Superficie de Rodadura en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna'.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) + Aditivo **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb de agreg: Arena Z arand y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 15/06/2024

% DE C.A : **5.0**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5.00	5.00	5.00		5.00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	38.00	38.00	38.00		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	57.00	57.00	57.00	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.669	2.669	2.669		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.655	2.655	2.655		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1201.0	1199.3	1198.8		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1202.6	1202.1	1203.1		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	682.3	683.2	683.7		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	5203	5189	5194		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.308	2.311	2.308		2.309
14	Peso específico máximo ASTM D-2041 (RICE)	2.442	2.442	2.442		
15	% de vacíos	5.5	5.4	5.5		5.4
16	Peso específico bulk del agregado total	2.661	2.661	2.661		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	17.58	17.47	17.59		17.5
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	68.85	69.36	68.81		69.0
19	Peso específico del agregado total	2.637	2.637	2.637		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.70	0.70	0.70		
21	% de asfalto efectivo	434	434	434		
22	Flujo (mm)	8.38	8.41	8.50		8.43
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1808	1813	1820		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1844	1849	1856		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida (lg)	1844	1849	1856		1849
27	Índice de rigidez (lg/cm)	2200	2198	2183		2194
28	Relación Polvo Asfalto	0.77	0.77	0.77		0.77

OBSERVACIONES:



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

Proyecto: Reparación de Superficie de Rodadura, en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) + Aditivo **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb. de agreg: Arena Z arand. y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 15/06/2024

% DE C.A. : 5.5

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5.50	5.50	5.50		5.50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37.80	37.80	37.80		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.70	56.70	56.70	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.664	2.664	2.664		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.651	2.651	2.651		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1198.9	1199.1	1198.4		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1201.9	1202.4	1201.5		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	690.2	689.3	687.2		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	5117	5131	5143		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.343	2.337	2.330		2.337
14	Peso específico máximo ASTM D-2041 (RICE)	2.456	2.456	2.456		
15	% de vacíos	4.6	4.8	5.1		4.9
16	Peso específico bulk del agregado total	2.656	2.656	2.656		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.64	16.86	17.10		16.9
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	72.35	71.25	70.03		71.2
19	Peso específico del agregado total	2.678	2.678	2.678		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.80	0.80	0.80		
21	% de asfalto efectivo	4.74	4.74	4.74		
22	Flujo (mm)	8.97	8.91	8.93		8.94
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1885	1896	1886		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1922	1933	1932		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida (lg)	1922	1933	1932		1736
27	Índice de rigidez (lg/cm)	2143	2170	1514		1942
28	Relación Polvo Asfalto	0.84	0.84	0.84		0.84

OBSERVACIONES:



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparacion de Superficie de Rodadura, en Vias Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) + Aditivo **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb de agreg: Arena Z arand y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 15/06/2024

% DE C.A : **6.0**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6.00	6.00	6.00		6.00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37.60	37.60	37.60		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.40	56.40	56.40	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.664	2.664	2.664		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.651	2.651	2.651		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1198.3	1197.8	1199.1		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1201.6	1203.1	1201.4		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	693.1	692.5	694.3		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	508.5	510.6	507.1		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.357	2.346	2.365		2.356
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.447	2.447	2.447		
15	% de vacíos	3.7	4.1	3.4		3.7
16	Peso específico bulk del agregado total	2.656	2.656	2.656		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.60	16.98	16.32		16.6
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	77.74	75.66	79.37		77.6
19	Peso específico del agregado total	2.690	2.690	2.690		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.85	0.85	0.85		
21	% de asfalto efectivo	5.20	5.20	5.20		
22	Flujo (mm)	9.95	9.86	9.90		9.90
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1553	1566	1558		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1584	1597	1589		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida (lg)	1584	1597	1589		1590
27	Índice de rigidez (lg/cm)	1592	1620	1605		1605
28	Relación Polvo Asfalto	0.92	0.92	0.92		0.92

OBSERVACIONES:



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

GEOTEC SUR
INGENIERIA

Proyecto: *Reparacion de Superficie de Rodadura, en Vias Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2) + Aditivo **Diseño:** Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 - 70

Material: Comb de agreg: Arena Z arand y Arena Tritur. TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40% **Fecha:** 15/06/2024

% DE C.A : **6.5**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6.50	6.50	6.50		6.50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37.40	37.40	37.40		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.10	56.10	56.10	100.00	
4	% de agregado filler en peso de la mezcla					
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1014	1014	1014		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.696	2.696	2.696		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.696	2.696	2.696		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1198.7	1197.8	1196.9		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1199.2	1198.7	1198.9		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	684.9	685.1	684.7		
12	Volumen de la briqueta por desplazamiento	5143	5136	5142		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.331	2.332	2.328		2.330
14	Peso específico máximo ASTM D-2041 (RICE)	2.409	2.409	2.409		
15	% de vacíos	3.2	3.2	3.4		3.3
16	Peso específico bulk del agregado total	2.696	2.696	2.696		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	19.17	19.12	19.27		19.2
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	83.05	83.32	82.49		83.0
19	Peso específico del agregado total	2.664	2.664	2.664		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.90	0.90	0.90		
21	% de asfalto efectivo	5.66	5.66	5.66		
22	Flujo (mm)	10.56	10.45	10.63		10.55
23	Lectura del Dial Anillo Marshall	1368	1373	1380		
24	Estabilidad sin corregir (lg)	1395	1400	1407		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.04	1.04	1.04		
26	Estabilidad corregida (lg)	1451	1456	1463		1457
27	Índice de rigidez (lg/cm)	1374	1393	1377		1381
28	Relación Polvo Asfalto	100	100	100		1.00

OBSERVACIONES:



GRÁFICOS DEL ENSAYO MARSHALL



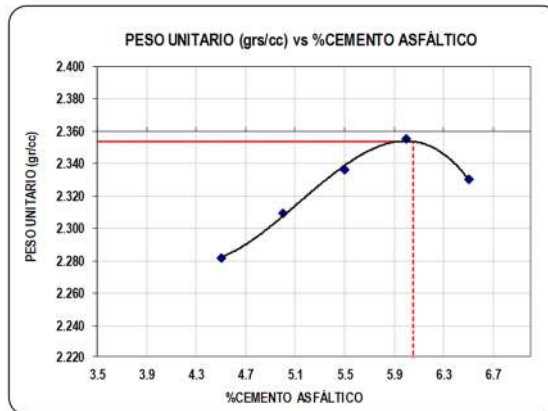
Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura en Vías Nacionales y Vecindades que comprende la Avenida Jorge Basadre Grolmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.*

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC- 2) + Ad* Diseño: *Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60-70*

Material: *Comb. de agreg. Arena Zarand y Arena Trita: TM 1/4" - 60% y Piedra Chanc: TMN. 1/2" - 40%* Fecha: 15/06/2024

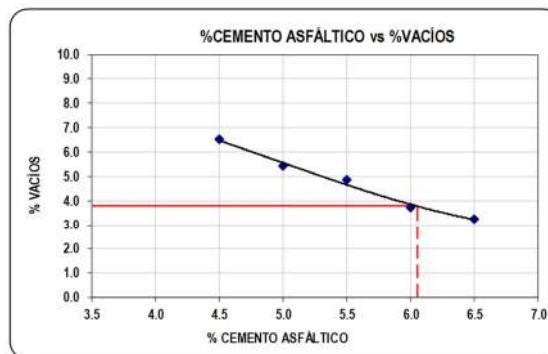
ASFALTO	P.U
%	grs/cc
4.5	2.282
5.0	2.309
5.5	2.337
6.0	2.356
6.5	2.330

%CEMENTO ASFÁLTICO
6.1
PESO UNITARIO (gr/cc)
2.354



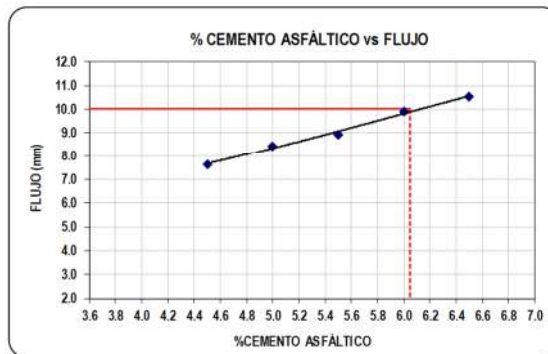
ASFALTO	VACÍOS
(%)	(%)
4.5	6.5
5.0	5.4
5.5	4.9
6.0	3.7
6.5	3.3

%PORCENTAJE DE VACÍOS
3.8



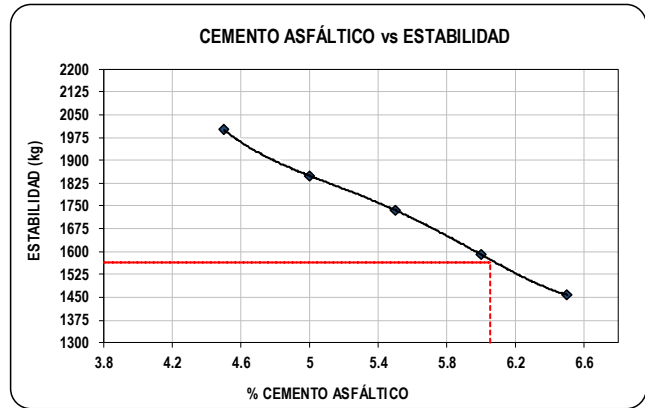
ASFALTO	FLUJO
(%)	(mm)
4.5	7.6
5.0	8.4
5.5	8.9
6.0	9.9
6.5	10.5

%FLUJO
10.0



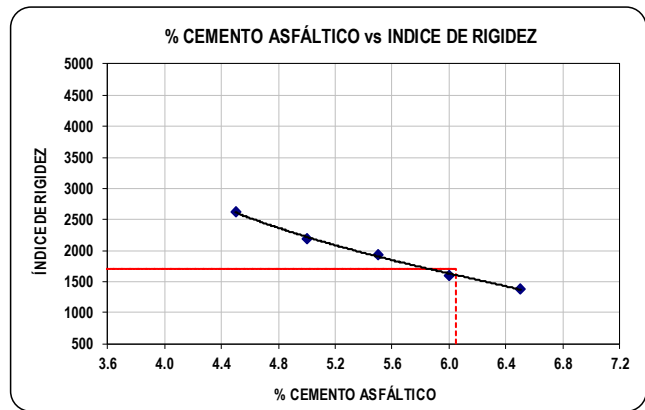
ASFALTO (%)	ESTABILIDAD (kg)
4.5	2000.2
5.0	1849.4
5.5	1735.8
6.0	1589.7
6.5	1456.8

ESTABILIDAD (kg)
1565



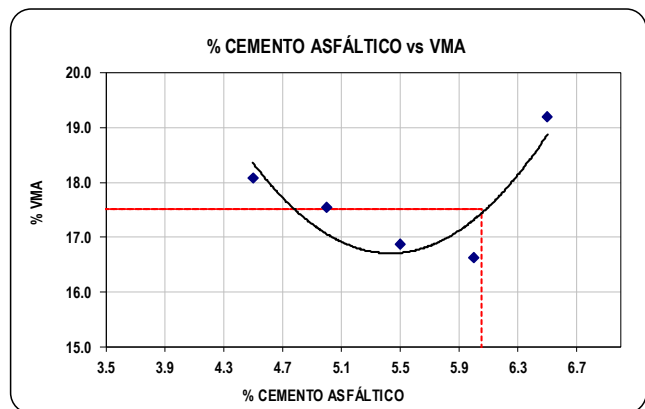
ASFALTO (%)	INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)
4.5	2615.8
5.0	2193.9
5.5	1942.2
6.0	1605.3
6.5	1381.3

INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)
1700



ASFALTO (%)	VMA (%)
4.5	18.1
5.0	17.5
5.5	16.9
6.0	16.6
6.5	19.2

% VMA
17.5





GRÁFICOS DEL ENSAYO MARSHALL



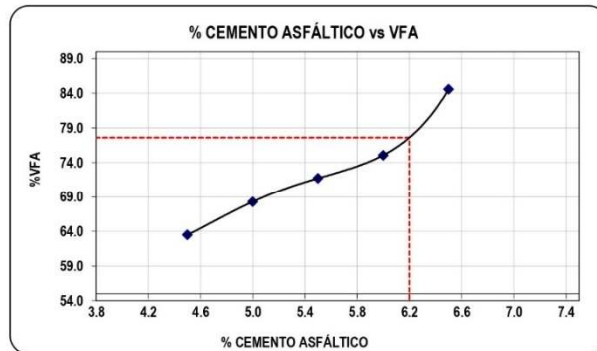
Proyecto: *Reparación de Superficie de Rodadura; en Vías Nacionales y Vecinales que comprende la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna*.

Concepto: *Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC - 2)* Diseño: *Mezcla Asfáltica en caliente PEN 60 -70*

Material: *Comb. de agreg.: Arena Zarand. y Arena Tritur. TM1/4" - 60% y Piedra Chanc. TMN. 1/2" - 40%* Fecha: *13/06/2024*

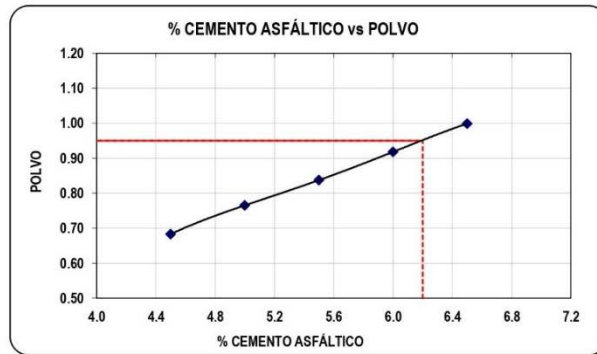
ASFALTO (%)	VFA (%)
4.5	63.5
5.0	68.3
5.5	71.7
6.0	75.1
6.5	84.6

%VFA
77.6



ASFALTO (%)	POLVO (%)
4.5	0.68
5.0	0.77
5.5	0.84
6.0	0.92
6.5	1.00

POLVO/ASFALTO
0.95



Anexo 4: Ilustraciones fotográficas

Fotografía 1

Vista de la cantera



Nota. Visita de campo de la cantera Sinticala.

Fotografía 2

Vista del muestreo en cantera.



Nota. Muestreo del acopio en la cantera Sinticala.

Fotografía 3

Vista del agregado en cantera.



Nota. Producción de agregados en la cantera Sinticala.

Fotografía 4

Vista de la maquinaria para producción de agregados



Nota. Vista del equipamiento para producción de agregados grueso chancado.

Fotografía 5

Vista de la verificación del cemento asfáltico.



Nota. Verificación visual del cemento asfáltico

Fotografía 6

Vista del análisis granulométrico.



Nota. Ejecución de ensayos en laboratorio

Fotografía 7

Vista de verificación de temperatura.



Nota. Vista del equipo utilizado para el control de temperatura

Fotografía 8

Vista del ensayo de adherencia.



Nota. Ejecución del ensayo de adherencia en agregado convencional y luego de la aplicación de aditivo, según norma MTC E 517.

Fotografía 9

Vista de agregado con aditivo adherente.



Nota. Se muestra el agregado grueso donde se evidencia un ascenso en la adherencia.

Fotografía 10

Vista de la combinación con cemento asfáltico



Nota. Vista de la combinación de los agregados y el cemento asfáltico

Fotografía 11

Vista de los equipos para índice de plasticidad.



Nota. Ejecución del ensayo para obtener el índice de plasticidad según la Norma MTC E 111

Fotografía 12

Vista del equipo para peso específico de los agregados gruesos.



Nota. Vista de equipos para la determinación de la gravedad específica, según la Norma MTC.

Fotografía 13

Vista del equipo de secado de muestras.



Nota. Vista del uso del horno durante la ejecución de ensayos.

Fotografía 14

Vista de preparación de la mezcla asfáltica.



Nota. Vista de la mezcla asfáltica.

Fotografía 15

Vista del equipo pedestal Marshall.



Nota. Equipo empleado en la elaboración de mezclas asfálticas en calientes, en pruebas de estabilidad y flujo.

Fotografía 16

Vista del equipo Marshall.



Nota. Preparación del ensayo Marshall para la determinación de la estabilidad y flujo.

Anexo 5: Planos

Anexo 6: Ficha técnica de cemento asfáltico

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ**

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO		<i>Fecha efectiva:</i>	
				Enero 2019	
TIPO DE PRODUCTO		CEMENTO ASFÁLTICO		<i>Reemplaza edición de:</i>	
				Enero 2014	
NOMBRE DE PRODUCTO					
ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN					
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO		
	MÍN.	MÁX.	ASTM	AASHTO	
PENETRACIÓN, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5		T-49
VOLATILIDAD					
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70		T-228
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92		T-48
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113		T-51
SOLUBILIDAD, % masa	99.0		D-2042, D-7553		T-44
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA					
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754		T-179
Pérdida por calentamiento, % masa	0.8				
Penetración retenida, % del original	52+		D-5		T-49
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113		T-51
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0			Francés RLB
FLUIDEZ					
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170		T-201
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170		T-201
REQUERIMIENTO GENERAL:	El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.				
OBSERVACIONES:					
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.					



Ficha de Datos de Seguridad

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DEL PRODUCTO	: ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN
1.2 SINÓNIMOS	: Cemento asfáltico.
1.3 USO RECOMENDADO	: Construcción y tratamiento de pavimentos.
1.4 DATOS DEL PROVEEDOR	
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01)614-5000, (01)630-4000, (01)630-4079 0800 77 155
Portal Empresarial	: http://www.petroperu.com.pe
Correo electrónico	: servcliente@petroperu.com.pe
1.5 TELÉFONO DE EMERGENCIA	: (01) 614-5000, anexo 11444, celular 944-944-667 Horario de atención: 24 horas.

2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

2.1 CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O MEZCLA

2.1.1 Peligros físicos
No clasificado.

2.1.2 Peligros para la salud
Corrosión/irritación cutánea: Categoría 2 (Irritante cutáneo); el producto en estado líquido (alta temperatura) ocasiona quemaduras. A temperatura ambiente no hay efectos serios a corto plazo.

Irritación ocular: Categoría 1 (Lesiones oculares graves), el contacto con el producto en estado líquido (alta temperatura) provoca quemaduras graves y los vapores causan irritación.

Sensibilización Respiratoria Sub Categoría IB; la inhalación de los vapores del producto caliente provoca dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, tos, mareos y vértigo.

2.2 ELEMENTOS DE LAS ETIQUETAS

2.2.1 Pictograma



Palabra de advertencia: Atención

2.2.2 Códigos de indicación de peligros (Alta temperatura)

H315: Provoca irritación cutánea.
H319: Provoca irritación ocular grave.
H335: Puede irritar las vías respiratorias

Fecha de Revisión: 01.04.2019
Pág. 1 de 7



Ficha de Datos de Seguridad

2.2.3 Códigos de consejos de prudencia

P264: Lavarse cuidadosamente las manos después de la manipulación.

P280: Usar guantes/ropa de protección/equipo de protección para los ojos/la cara.

2.3 OTROS PELIGROS

No indicados.

3. COMPOSICIÓN

Componentes
Mezcla compleja de hidrocarburos derivados del petróleo, no volátiles, de elevado peso molecular. Composición aprox.: Saturados, 18 – 25%; asfaltenos, 10 - 15%; resinas+aromáticos, 60 – 72%.

4. PRIMEROS AUXILIOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua por aprox. 15 minutos. Obtener atención médica de inmediato para el tratamiento de las quemaduras, si el contacto ocurrió a alta temperatura.

Contacto con la piel: En caso de contacto con el producto caliente; lavar con abundante agua, no remover el producto si está adherido a la piel, esto debe ser realizado por personal médico. El lavado con jabón y abundante agua es suficiente si el producto está frío, en todo caso, obtener atención médica si el contacto causa una irritación. Quitar la ropa contaminada lo antes posible y lavarla antes de un nuevo uso.

Inhalación: Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario.

Ingestión: Actuar con rapidez. No inducir al vómito a fin de evitar que el producto ingrese a los pulmones por aspiración. Mantener en reposo y obtener atención médica de inmediato.

4.2 SÍNTOMAS Y EFECTOS MAS IMPORTANTES

Contacto con los ojos: Irritación, conjuntivitis. Quemaduras si el producto está caliente.

Contacto con la piel: Causa irritación. Puede causar dermatitis si el contacto es prolongado. Quemaduras si el producto está caliente.

Inhalación: Puede causar náuseas, somnolencia, dolor de cabeza fatiga y mareos.

Ingestión: Irritación de la boca, garganta y estómago. El ingreso a los pulmones puede causar edema pulmonar.

4.3 INDICACIÓN DE LA NECESIDAD DE RECIBIR ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATA

Solicitar atención médica de inmediato.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

Ante un incendio o en caso exista tanques/camiones cisterna involucrados evacuar al personal fuera del área de exposición.

Procurar detener el sistema de calentamiento del producto vertiendo agua en forma de rocío para enfriar los tanques o los recipientes que contienen al producto, de igual manera, en caso exista fuga del producto procurar controlarlo.



Ficha de Datos de Seguridad

5.1 MEDIOS DE EXTINCIÓN APROPIADOS

Polvo químico seco y CO₂ (dióxido de carbono).

En caso el incendio supere el uso de los agentes mencionados; con personal especializado utilizar concentrado de espuma (AFFF-AR, AFFF u otros).

5.2 PELIGROS ESPECÍFICOS DEL PRODUCTO

Durante el incendio, evitar que el agua entre en contacto directamente con el producto, debido a los riesgos de salpicaduras y erupciones violentas.

5.3. MEDIDAS ESPECIALES DE LOS EQUIPOS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

En caso el incendio sea de gran magnitud, la extinción de fuego sólo debe ser realizada por personal especializado, para lo cual debe utilizar equipos de protección personal especiales como:

- Chaqueta y pantalón para combate estructural, casco, y demás indumentaria recomendado para afrontar el incendio.
- Equipo de protección respiratoria autónoma.

En algunas circunstancias se recomienda el uso de Trajes de Material Aluminizado.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

6.1 PRECAUCIONES PERSONALES, EQUIPO PROTECTOR Y PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA

Aislar el área por riesgo de fuego. Eliminar todas las fuentes de ignición. Detener la fuga si no hay riesgo. Si el asfalto está caliente esperar que la temperatura disminuya con la finalidad que el producto se solidifique y trasladarlo hacia un depósito identificado. Ver lo concerniente a equipo protector en el ítem 8 de este documento. Seguir las instrucciones de un plan de contingencia implementado.

6.2 PRECAUCIONES RELATIVAS AL AMBIENTE

Evitar si es posible que el producto ingrese al desagüe y fuentes de agua.

En caso de vertimientos en medios acuáticos, los productos que se requieran usar como dispersantes, absorbentes y/o aglutinantes deberán contar con la autorización vigente de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.

6.3 MÉTODOS Y MATERIALES PARA LA CONTENCIÓN Y LIMPIEZA DE VERTIDOS

Contener el derrame y dejar enfriar si el producto está caliente. Ventilar la zona afectada. Recoger el producto y si es posible, proceder a su recuperación. Colocar el material contaminado en recipientes identificados para su disposición final según la normatividad vigente.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7.1 MANIPULACIÓN

No inhalar los humos o vapores del material calentado. No permita que el material caliente entre en contacto con la piel. Usar un equipo completo de protección durante la manipulación del producto en estado líquido; posteriormente proceder a la higiene personal.

Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto, conectar a tierra los tanques o camiones tanque.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras.

7.2 ALMACENAMIENTO

Fecha de Revisión: 01.04.2019
Pág. 3 de 7



Ficha de Datos de Seguridad

Almacenar en tanques especialmente diseñados para tal fin; debido a las facilidades para su manipulación, los tanques poseen un sistema de calentamiento, por lo tanto, es necesario realizar un monitoreo permanente de la temperatura para evitar el sobrecalentamiento del producto. Se recomienda mantener la temperatura a 30 °C por debajo del punto de inflamación del producto.

El producto no debe ser almacenado en instalaciones ocupadas permanentemente por personas.

La manipulación y almacenamiento del producto en estado líquido se debe realizar de tal manera que no sea posible el contacto con el agua.

NOTA: El envasado del producto en cilindros y la transferencia a camiones cisterna debe ser realizado siguiendo estrictamente un procedimiento implementado.

8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Ante la presencia de asfalto caliente, que emana vapores orgánicos, las medidas de control a implementar son:

8.1 CONTROLES TÉCNICOS APROPIADOS

Instalar sistemas de control de temperatura en los tanques de almacenamiento para evitar el sobrecalentamiento del producto. Contar con duchas y lavajos e identificar las salidas de emergencia en el lugar de trabajo.

8.2 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección de ojos, cara y respiratoria: Ante la exposición a concentraciones de vapores, utilizar máscara cara completa con cartuchos contra vapores orgánicos.

Piel: Guantes de neopreno, nitrilo o polivinilo; traje de protección y calzado de seguridad.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Apariencia	: Sólido a temperatura ambiente; a temperaturas mayores o iguales a 100° C, es líquido, homogéneo y libre de agua.
Color	: Marrón oscuro a negro
Olor	: Característico.
Umbral olfativo	: No se dispone de datos
PH	: No se dispone de datos
Punto de fusión, °C	: No se dispone de datos
Punto inicial y final de ebullición, °C	: No aplica
Punto de inflamación, °C	: 232 mínimo
Tasa de evaporación	: No se dispone de datos
Inflamabilidad	: No se dispone de datos
Límites de inflamabilidad, %Vol. en aire	: No se dispone de datos
Presión de vapor	: No se dispone de datos
Densidad de vapor	: No se dispone de datos
Densidad relativa	: 1.00 – 1.18 aprox.
Solubilidad en agua	: Insignificante
Coefficiente de reparto: n-octanol/agua	: No se dispone de datos
Temperatura de autoinflamación, °C	: 485 aprox.
Temperatura de descomposición	: No se dispone de datos
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	: 200 mín.



Ficha de Datos de Seguridad

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1 REACTIVIDAD

No se dispone de datos.

10.2 ESTABILIDAD QUÍMICA

El producto es estable en las condiciones previstas para su manipulación.

10.3 POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS

No existen en condiciones previstas para su almacenamiento y manipulación.

10.4 CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE

Fuentes de ignición. No exponer los recipientes vacíos a cualquier tratamiento mecánico que generen fuentes de ignición tales como: soldadura, corte, taladrado, etc. Cuando se encuentre a temperatura elevada evitar el contacto con agua para prevenir salpicaduras del producto, con potencial de causar quemaduras.

10.5 MATERIALES INCOMPATIBLES

Es incompatible con sustancias oxidantes.

10.6 PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS

No se dispone de datos.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1 TOXICIDAD AGUDA

No se dispone de datos.

11.2 CORROSIÓN O IRRITACIÓN CUTÁNEA

No se dispone de datos.

11.3 LESIONES O IRRITACIÓN OCULAR GRAVE

No se dispone de datos.

11.4 SENSIBILIDAD RESPIRATORIA O CUTÁNEA

No se dispone de datos.

11.5 MUTAGENICIDAD EN CÉLULAS GERMINALES

No se dispone de datos.

11.6 CARCINOGENICIDAD

No se dispone de datos.

11.7 TOXICIDAD PARA LA REPRODUCCIÓN

No se dispone de datos.

11.8 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN ÚNICA

No se dispone de datos.

11.9 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN REPETIDA

No se dispone de datos.



Ficha de Datos de Seguridad

11.10 PELIGRO DE ASPIRACIÓN
No se dispone de datos.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

12.1 TOXICIDAD
No se dispone de datos.

12.2 PERSISTENCIA Y DEGRADABILIDAD
No se dispone de datos.

12.3 POTENCIAL DE BIOACUMULACIÓN
No se dispone de datos.

12.4 MOVILIDAD EN EL SUELO
No se dispone de datos.

12.5 OTROS EFECTOS ADVERSOS
No se dispone de datos.

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final del producto se realiza de acuerdo a la reglamentación vigente.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

El transporte se realiza de acuerdo a la normatividad vigente aplicable.

PRODUCTO FRIO (Temperatura ambiente)
No es considerado peligroso para el transporte, usualmente es transportado en cilindros metálicos.

PRODUCTO CALIENTE
considerar la siguiente información:

14.1 NÚMERO ONU: UN 3257

14.2 DESIGNACIÓN OFICIAL DE TRANSPORTE DE LAS NACIONES UNIDAS: LÍQUIDO A TEMPERATURA ELEVADA, N.E.P.

14.3 CLASE RELATIVA AL TRANSPORTE: Clase 9

14.4 GRUPO DE EMBALAJE: III

14.5 RIESGOS AMBIENTALES: Si

14.6 PRECAUCIONES ESPECIALES PARA EL USUARIO: No precisado.

14.7 TRANSPORTE A GRANEL CON ARREGLO A LOS INSTRUMENTOS DE LA OMI: No precisado.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Fecha de Revisión: 01.04.2019
Pág. 6 de 7



Ficha de Datos de Seguridad

- Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 026-94-EM (10/05/94), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 052-1993-EM (18/11/1993), y modificaciones.
- Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 039-2014-EM (05/11/2014).
- Reglamentos para la Comercialización de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos aprobados por los Decretos Supremos N° 030-1998-EM (03/08/1998) y N° 045-2001-EM (26/07/2001), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 043-2007-EM (22/08/2007), y modificaciones.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Rombo NFPA 704:



Salud: 0
Inflamabilidad:1
Reactividad:0

EMERGENCIAS a nivel nacional: 116
Dirección General de Capitanías y Guardacostas: (511) 209-9300

GLOSARIO

NTP: Norma Técnica Peruana
NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el fuego)
OMI: Organización Marítima Internacional
STOT: Specific target organ toxicity (Toxicidad específica en determinados órganos)

Nota: El presente documento constituye información básica relacionada a los peligros físicos, a la salud y ambiente, en la manipulación del producto para el Cliente y/o Usuario, quienes deberán evaluar las condiciones de uso, y los cuidados necesarios para un manejo seguro del producto conforme a sus propios procedimientos. PETROPERÚ no se responsabiliza por actividades fuera de su control.

Anexo 7: ficha técnica del aditivo Quimibond 3000



QUIMIBOND 3000

ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA ASFALTO

Descripción

QUIMIBOND 3000 es un aditivo líquido, base amina que mejora la adherencia entre el agregado-asfalto evitando la formación de bolsas de agua que impiden la adhesión del cemento asfáltico al agregado. Mejora el desempeño de la mezcla asfáltica. Los ingredientes del **QUIMIBOND 3000** permiten una excelente cohesión del pavimento durante largo tiempo.

Aplicaciones principales

- En asfalto en caliente para mejorar la adherencia entre el concreto asfáltico y los agregados.
- Como promotor de adherencia en mezclas frías.
- En riegos de impregnación, para mejorar la penetración del impregnante a la base.
- En riegos de liga para una buena unión base-carpeta.
- Se recomienda su uso bajo las siguientes situaciones críticas:
 - Cuando se utilizan agregados difíciles.
 - En ambientes con alta humedad ambiental.
 - Cuando se empleen agregados con alto contenido de sílice.

Beneficios

- Fácil de dosificar al ser un aditivo líquido.
- Sin olor corrosivo que pueden afectar a los operarios.
- Larga duración del asfalto.

Propiedades

Color: Ámbar Claro-Oscuro
 Apariencia: Líquida Líg. viscosa
 Densidad: 0.96 Kg/l +/- 0.03
 Dosificación: 0.3% - 0.8% del peso del cemento asfáltico.

Información técnica

Determinación	Contenido	Determinación	Contenido
Color	Ámbar Claro-Oscuro	Gravedad Específica	0.96 promedio
Contenido de Aminas	400 – 600	Gasolina	Insoluble
Propiedades físicas a 25 °C	Líquido	Agua	Soluble
Viscosidad a 25 °C	2000 -6500 cs	Alcohol Isopropílico	Soluble
Aminas	563 aprox.	Punto de Inflamación en Cemento Asfáltico	≥ 165 °C



QUIMIBOND 3000

ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA ASFALTO

000 Instrucciones de uso

Una vez determinada la dosificación que varía de acuerdo a los agregados entre el 0.3 al 0.8% del peso del cemento asfáltico. La dosificación se aplica por medios neumáticos al tanque de almacenaje o por inyección a la carga del asfalto. La dosis óptima se determina con ensayos de desempeño según ASTM D 3625 y ASTM D 4867.

000 Dosificación

Composición del ASFALTO típico:

Agregado 94%
Cemento Asfáltico 6%

Cálculos para 1 metro cúbico de mezcla asfáltica

Agregado = $0.94 \times 2400 = 2256$ kg.
Cemento Asfáltico = $0.06 \times 2400 = 144$ kg
Dosificación: 0.5%

QUIMIBOND 3000 = $0.005 \times 144 = 0.72$ Kg

Cálculos para 01 Tonelada Métrica (1000 kg)

Agregado = $0.94 \times 1,000 = 940$ kg.
Cemento Asfáltico = $0.06 \times 1,000 = 60$ kg
Dosificación: 0.5%

QUIMIBOND 3000 = $0.005 \times 60 = 0.3$ Kg

Cálculos para 01 Tonelada Métrica (1000 kg)

Agregado = $0.94 \times 1,000 = 940$ kg.
Cemento Asfáltico = $0.06 \times 1,000 = 60$ kg
Dosificación: 0.5%

QUIMIBOND 3000 = $0.005 \times 60 = 0.3$ Kg

000 Presentación

QUIMIBOND 3000 se ofrece en cilindros de cilindros de 181.4 kg


000 Precauciones / Restricciones

- Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.

000 Manejo y Almacenamiento

QUIMIBOND 3000 debe almacenarse en su envase original en lugar seco, protegido de la humedad y exposición directa al calor.
Vida útil de Almacenamiento: 18 meses

Anexo 8: Certificado de calibración



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT

Pág. 2 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LM-6AL-131-23

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

ENSAYO DE PESAJE

Empesado	Valor	Unid.	Función	Unid.	Unid.
64.4	1.8	g	100.0000	g	100.0000

TABLA DE PESAJE

Carga	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador
100	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
200	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
300	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
400	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
500	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
600	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80
700	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60
800	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40
900	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
1000	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00


Leitura Corregida del Resultado de una pesada: 1.800000×10^{-1} g

Incertidumbre de una Medida: $U = 2.1 \times 10^{-4} \text{ g}$

1. Carga Asociada a la Reserva: 0.000000 g
 2. Indicación del Instrumento: 1.800000 g
 3. Incertidumbre Asociada a la Leitura Corregida: 0.000000 g
 4. Leitura de la Escala Corregida y a la Incertidumbre asociada en (g): 1.800000 g

Notas y aclaraciones:
 Se ha efectuado un control de temperatura de $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ con respecto de la temperatura de referencia para la calibración.
 Se ha utilizado un método de calibración por comparación directa con el estándar de referencia con un nivel de mayor medición.
 Se usó un método de muestra estándar y se utilizó el método de lectura directa de la escala de la muestra calibrada.
 Se usó un método de muestra estándar y se utilizó el método de lectura directa de la escala de la muestra calibrada.
 Se usó un método de muestra estándar y se utilizó el método de lectura directa de la escala de la muestra calibrada.

RECIBÍ EN
 Pág. 2 de 3



JR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
 CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
 WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT

Pág. 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACION
LLA-CCG-022-23

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO	COPACASAGRANDE	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI). La dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados. Para la realización del Proceso de calibración del equipo Metaut sigue el procedimiento ASTM D4318-17 "Standard Test methods for liquid limit, Plastic limit, Plasticity index of soils". Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
FABRICANTE	FORNEY	
MODELO	LA-3715	
TIPO	ANALÓGICO	
N° SERIE	—	
F. CALIBRACION	3/07/2023	
F. PROX. CALIBRACION	3/07/2024	

METODO DE CALIBRACION:
 La calibración se realizó por comparación directa según el procedimiento de la norma ASTM D4318-17 "Standard Test methods for liquid limit, Plastic limit, Plasticity index of soils".

INSTRUMENTO PATRON:
 Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mutoyo - Japones
 Mod. CDN P12-PMX Serie 0003131 Calibrado FA-0361-2023
 INACAL

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:
 Temperatura de Ambiente (16.4 ± 1) °C
 Humedad Relativa (65 ± 5) %Hr



JR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
 CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
 WWW.METAUT.COM


ESTEBAN LONGOBARDI
 IE QIP N°182665



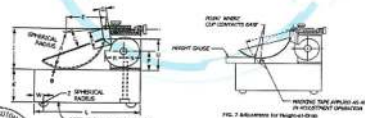
METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT
 CERTIFICADO DE CALIBRACION
 LLA-CGG-022-23

Pág. 2 de 2

APARATO LIMITE LIQUIDO			
Conjunto de la Cazueta			
Dimensiones	A	B	C
Descripción	Radio de Copa	Espesor de Copa	Profundidad de Copa
Métrico, mm	54.0	2	27.0
Tolerancia, mm	±	0.1	±
Inglés, pulg	2.12	0.078	1.062
Tolerancia, pulg	0.08	0.004	0.04
Medidas del equipo	54.0	54.0	2

BASE			
Dimensiones	A	K	L
Descripción	Ancho	Espesor	Largo
Métrico, mm	125	50	160
Tolerancia, mm	±	±	±
Inglés, pulg	4.92	1.97	5.9
Tolerancia, pulg	0.2	0.2	0.2
Medidas del equipo	125.20	125.20	50.10

Ranurador - Extremo Curvado			
Dimensiones	K	A	B
Descripción	Espesor	Borde Cortante	Ancho
Métrico, mm	10	2	11
Tolerancia, mm	0.06	0.1	0.1
Inglés, pulg	0.394	0.079	0.531
Tolerancia, pulg	0.004	0.004	0.004
Medidas del equipo	10.00	10.00	2



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
 CELULAR 999934088 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
 WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT
 CERTIFICADO DE CALIBRACION
 LT-HL-023-23

Pág. 1 de 5

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO	HORNO LABORATORIO
FABRICANTE	A&A INSTRUMENTS
MODELO	STHX-1A
N° SERIE	16641
CAPACIDAD	— Lts
INDICADOR	—
Precisión	1°C
Sensor	Tipo J
RANGO	0 - 300 °C
Procedencia	CHINA
Tipo de Ventilación	No Forzada
Punto de Operación	110 ± 5°C
UBICACIÓN	Laboratorio In Situ - Tacna.
DIA DE LA MEDICION	3/07/2023

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI).
 La dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados.
 Para la realización del Proceso de calibración del equipo Metaut sigue el procedimiento INDUCOPI-SNM PC-018.
 Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.



España Basso
EFRAIN ESPINOZA PCSACIAS
 JEFE LAB. TEMPERATURA
 IE DMP N°125481

JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
 CELULAR 999934088 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
 WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT
 CERTIFICADO DE CALIBRACION
 LT-HL-023-23

Pag. 2 de 6

Validado por el certificado de calibración N° 1AT-1542-2023

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

Temperatura de Ambiente (15,4 +/- 1) °C
 Humedad Relativa (65 +/- 5) %Hr

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO HORNO LABORATORIO
 FABRICANTE ASA INSTRUMENTS
 MODELO STHX-1A
 N° SERIE 19941
 CAPACIDAD --- Lts
 INDICADOR ---
 RANGO 0 - 300 °C

INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:

EQUIPO TERMOMETRO CON INDICACION DIGITAL
 FABRICANTE FLUKE
 MODELO 54 II B
 N° SERIE 46730552WS
 RANGO -200°C-1372°C
 PRECISION 0,1°C
 PROC. CAL. Calibración por Comparación siguiendo el procedimiento INDECOPI - SNM-PC-018 "Procedimiento para la calibración o termostático"



JR. ANDRES BAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
 CELULAR 999954038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
 WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT

Pag. 3 de 6

ENSAYOS

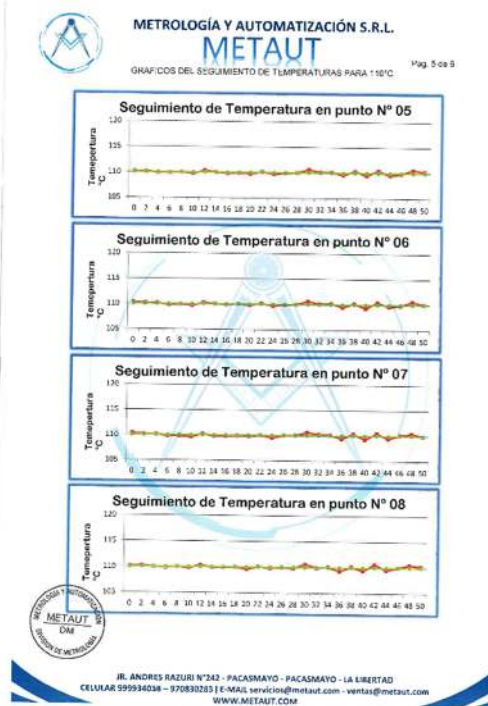
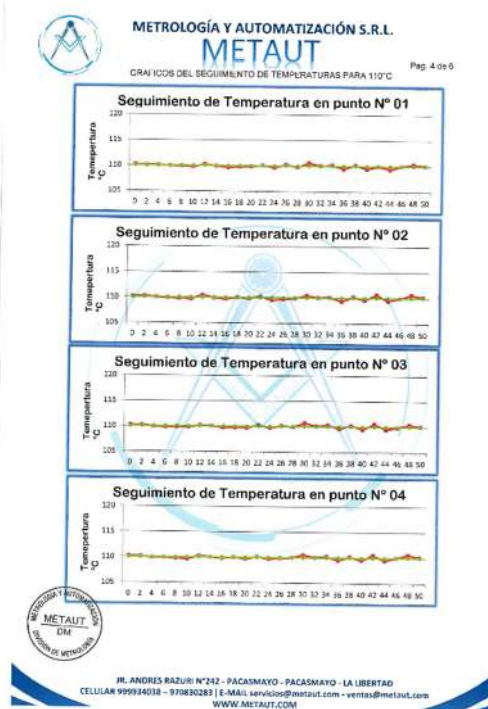
Distribución de la temperatura
 Valor de ensayo a 110°C

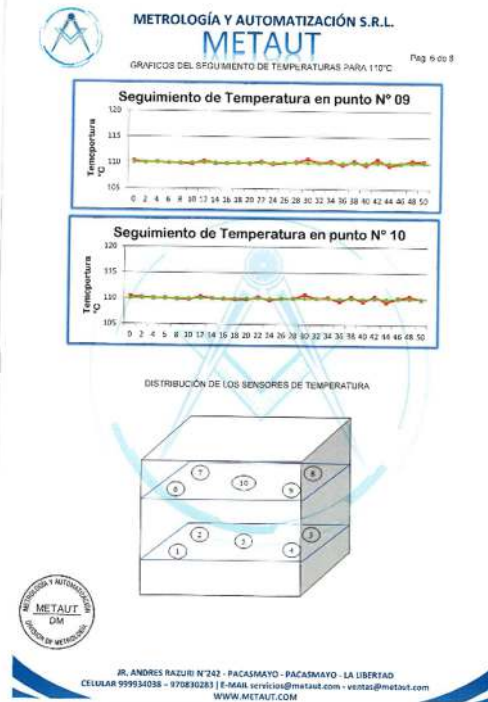
Temperatura	Proveedores	INDICACIONES CORRESPONDIENTES DE CADA TERMOCOPLA Y °C										T° Puntos	T° de
°C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	°C	Tras
3	111	118,4	115,1	110,1	110,2	112,1	110,2	119,3	119,1	112,3	112,3	110,2	110,2
2	112	118,2	113,2	110,1	110,1	110,1	110,1	110,2	110,2	110,1	110,1	110,1	110,1
4	110	110,2	110,2	109,8	109,2	109,8	112,1	110,1	110,2	110,1	110,2	110,1	110,1
8	110	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8
1	110	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8
12	112	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1
12	112	110,2	112,4	112,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1
18	110	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8
18	110	109,7	110,0	109,1	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0
22	112	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8
22	112	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0
24	110	109,4	109,8	109,8	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7
28	110	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2
28	110	109,7	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8
32	110	110,5	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4
32	112	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2
36	112	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1
36	110	109,4	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8
42	110	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2
42	112	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2
46	112	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4
46	112	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5
48	112	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2
50	110	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1
T. Puntos	110	109,8	110,2	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1
T. MAX	110	110,5	110,6	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4	110,4
T. Min	110	109,4	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8	109,8

Método de Termómetro:
 T. Puntos: Temperatura Puntual durante el ciclo total de termómetro.
 T. MAX: Temperatura Máxima durante el ciclo total de termómetro.
 T. MIN: Temperatura Mínima durante el ciclo total de termómetro.
 T. Puntos: Temperatura Puntual del total de los Termómetros durante la prueba de termómetro.
 T. Min-Tmax: Diferencia entre la Temperatura Máxima y Mínima durante la prueba de termómetro.



JR. ANDRES BAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
 CELULAR 999954038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
 WWW.METAUT.COM





CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO	BALANZA DE FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO	Este certificado de calibración demuestra la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan un vínculo de medida con el sistema internacional de unidades (SI).
FABRICANTE	GEOTEST	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra, puntonea, recalibra, recibe solicitudes y emite certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados.
MODELO	W70002CFI	Para la realización del Proceso de calibración del equipo METAUT sigue el procedimiento PC-011 Procedimiento para la calibración de balanzas.
SERIE	251097002	Cada día de entregar la calidad de sus productos el cliente es obligado a recibir sus instrumentos a la máxima precisión.
TIPO	ELECTRÓNICA	
CAPACIDAD MÁXIMA	200 g	
DIVISION DE ESCALA (e)	0.01 g	
DIVISION DE VENT. (e)	0.01 g	
CLASE	II	
F. CALIBRACION	30/12/2023	
F. PROX. CALIBRACION *	30/12/2024	

METODO DE CALIBRACION:
 La calibración se realizó por comparación directa según PG-011 procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento automático Clase I y II SNM-INDECOPI - 4ta Edición 2016.

TRAZABILIDAD:
 01 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 5 kg, 01 Pesa de 2 kg, 01 Pesa de 1 kg, 01 Pesa de 1 kg, Clase F, certificados LM-C-101-2023, LM-C-102-2023, LM-C-103-2023, PE22-G-0847. Certificados trazables con INACAL.COM

LUGAR DE LA CALIBRACION:
 El servicio de calibración se realizó en las instalaciones del cliente localizado en Tacna.

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:
 DT LOCAL: 18.4 ± 0.2 Hasta 10.0 °C
 COEF. DERIVA TEMP: 1x10⁻⁵/°C

METAUT DM

SR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
 CELULAR 99934038 - 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
 WWW.METAUT.COM

STALIN OLAZABAL TREJO
 JEFE LABORATORIO MASA
 IE CP N° 182585



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT

Pág. 2 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LM-BAL-130-23

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

INSPECCIÓN VISUAL

PLATEADO DE ORO	SI	PLATEADO DE PLATA	SI
PLATEADO DE NIQUEL	SI	PLATEADO DE CROMO	SI
PLATEADO DE COBALTO	SI	PLATEADO DE PALLADIO	SI

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
	18.4	18.8	18.4	18.8
Medición Carga L1 = 100 g				
Nº	180	0.000	0.000	0.000
1	180.00	0.000	0.000	0.000
2	180.00	0.000	0.000	0.000
3	180.00	0.000	0.000	0.000
4	180.00	0.000	0.000	0.000
5	180.00	0.000	0.000	0.000
6	180.00	0.000	0.000	0.000
7	180.00	0.000	0.000	0.000
8	180.00	0.000	0.000	0.000
9	180.00	0.000	0.000	0.000
10	180.00	0.000	0.000	0.000
Medición Carga L2 = 200 g				
Nº	180	0.000	0.000	0.000
1	200.00	0.000	0.000	0.000
2	200.00	0.000	0.000	0.000
3	200.00	0.000	0.000	0.000
4	200.00	0.000	0.000	0.000
5	200.00	0.000	0.000	0.000
6	200.00	0.000	0.000	0.000
7	200.00	0.000	0.000	0.000
8	200.00	0.000	0.000	0.000
9	200.00	0.000	0.000	0.000
10	200.00	0.000	0.000	0.000

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
	18.4	18.8	18.4	18.8

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Carga (g)	100	200
Excentricidad (g)	0.000	0.000

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Carga	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
	18.4	18.8	18.4	18.8
Carga 100 g				
1	100.00	0.000	0.000	0.000
2	100.00	0.000	0.000	0.000
3	100.00	0.000	0.000	0.000
4	100.00	0.000	0.000	0.000
Carga 200 g				
1	200.00	0.000	0.000	0.000
2	200.00	0.000	0.000	0.000
3	200.00	0.000	0.000	0.000
4	200.00	0.000	0.000	0.000



R. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT

Pág. 3 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LM-BAL-130-23

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
	18.4	18.8	18.4	18.8

ENSAYO DE PESAJE

Carga	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
	18.4	18.8	18.4	18.8
Carga 100 g				
1	100.00	0.000	0.000	0.000
2	100.00	0.000	0.000	0.000
3	100.00	0.000	0.000	0.000
4	100.00	0.000	0.000	0.000
5	100.00	0.000	0.000	0.000
6	100.00	0.000	0.000	0.000
7	100.00	0.000	0.000	0.000
8	100.00	0.000	0.000	0.000
9	100.00	0.000	0.000	0.000
10	100.00	0.000	0.000	0.000
Carga 200 g				
1	200.00	0.000	0.000	0.000
2	200.00	0.000	0.000	0.000
3	200.00	0.000	0.000	0.000
4	200.00	0.000	0.000	0.000
5	200.00	0.000	0.000	0.000
6	200.00	0.000	0.000	0.000
7	200.00	0.000	0.000	0.000
8	200.00	0.000	0.000	0.000
9	200.00	0.000	0.000	0.000
10	200.00	0.000	0.000	0.000

Letras: Corregido de influencia de una pesada $M_{cor} = A - (1.27119 \cdot T)^2$
 Transformación de una Medición $U = 2 \cdot \sqrt{0.05 \cdot 10^{-3} + 3.162 \cdot 10^{-6} \cdot T}$

- Carga Aplicada o Balance A_1 Valor de la Carga Pesada C_1 Error de Cero
 - Instrucción de Instrucción A_2 Error de Cero C_2 Error de Cero
 - Funcionamiento Espontáneo de la Jeringa A_3 Error de Cero C_3 Error de Cero
 - Cambios de la Carga A_4 Error de Cero C_4 Error de Cero

La fiabilidad reportada es la fiabilidad reportada que resulta de la combinación de la fiabilidad de la balanza y la fiabilidad de la pesada.
 Nota y aclaraciones:
 Se ha permitido un nivel de $1.0 \times 10^{-4} \text{ g}$ en la calibración de la balanza por un error de los pesos para la calibración.
 Se ha utilizado un método de ajuste de los pesos, con el fin de verificar la precisión de los pesos en el momento de la calibración.
 Se han hecho las pruebas de calibración a una temperatura ambiente de $20 \pm 0.5 \text{ °C}$ y se ha controlado la humedad de la muestra.
 El método de medición de temperatura se basa en el método de medición de la temperatura por un sensor de temperatura.
 FIC: MET-130
 Rev. 02 - Julio 2012



R. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM