



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del
asfalto adicionado con dióxido de titanio, Piura, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Rivera Figueroa, Benjamin Erick Joel (orcid.org/0000-0003-0936-0099)

ASESOR:

Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (orcid.org/0000-0003-0254-301X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA– PERÚ

2022

Dedicatoria

Al creador de todo, por ignorar mis pecados y darme siempre lo que necesito para ganar mis guerras, a mis padres Augusto y Marina mis compañeros de batalla, que con su amor y apoyo incondicional me motivan a embarcarme en cosas cada vez más grandes y complejas, a mis 5 hermanos y sobrinos por hacer sublime mi existencia.

Rivera Figueroa, Benjamín Erick Joel

Agradecimiento

A todas las personas que eh tenido la oportunidad de conocer, compañeros de estudio, docentes, asesor que durante todo el recorrido de mi carrera de muchas formas han contribuido en la formación de mi personalidad, conciencia y logros.

Rivera Figueroa, Benjamín Erick Joel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEORICO.....	4
III.- METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación:.....	23
3.2. Variables y Operacionalización:.....	24
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	26
3.5. Procedimientos:.....	26
3.6. Método de análisis de datos:.....	31
3.7. Aspectos éticos:.....	31
IV.- RESULTADOS.....	32
V.- DISCUSIÓN.....	65
VI.- CONCLUSIONES.....	68
VII.- RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS.....	75

Índice de tablas

Tabla 1. Gradación para mezcla asfáltica en caliente	15
Tabla 2. Especificaciones para el agregado Grueso	16
Tabla 3. Especificaciones para el agregado Fino	16
Tabla 4. Especificaciones para la mezcla asfáltica.....	18
Tabla 5. Numero de muestras por porcentaje de dióxido de Titanio	25
Tabla 6. Ensayos para el agregado Grueso, Manual de carreteras EG 2013.....	27
Tabla 7. Ensayos para el agregado fino, Manual de carreteras EG 2013.....	27
Tabla 8. Componentes de las muestras patrón en gr	28
Tabla 9. Componentes de las muestras en gr. con 2% de dióxido.....	28
Tabla 10. Componentes de las muestras en gr. con 4% de dióxido.....	28
Tabla 11. Componentes de las muestras en gr. con 8% de dióxido.....	28
Tabla 12. Peso de las muestras secas al aire	29
Tabla 13. Peso de las muestras en agua.....	29
Tabla 14. Peso de las muestras saturadas al aire	30
Tabla 15. Resultados del promedio de la estabilidad Marshall (resistencia a la deformación) de las muestras ensayadas con 0%, 2%, 4%, 8%.	32
Tabla 16. Resumen de resultados de degradación de Rodamina B, promedio de R4 Y R26 de las muestras patrón, 2%, 4% y 8% de dióxido de titanio.....	33
Tabla 17. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, mezcla patrón	35
Tabla 18. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 2% Dióxido de Titanio.....	36
Tabla 19. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 4% Dióxido de Titanio.....	38
Tabla 20. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 8% dióxido de titanio	39
Tabla 21. Combinación teórica de agregados para mezclas asfálticas en Caliente diseño (ASTM D-3515)	41
Tabla 22. Análisis granulométrico por tamizado	42
Tabla 23. Resultados del Análisis granulométrico por tamizado MAC-2	43
Tabla 24. Perdida de sulfato de magnesio agregado grueso (NTP 400.016.1999)	43
Tabla 25. Abrasión de los ángeles (NTP 400.019.2002)	44
Tabla 26. Índice de durabilidad del agregado grueso (MTC E 2014: 2000).....	44
Tabla 27. Partículas chatas y alargadas (NTP 400.040:1999)	45
Tabla 28. Porcentaje de partículas con una cara fracturada (MTC E-210 2000)	45

Tabla 29. Porcentaje de partículas con dos o más caras fracturadas (MTC E-210 2000).....	46
Tabla 30. Contenido de sales solubles en el agregado grueso (NTP 339. 152: 2002).....	46
Tabla 31. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400. 021: 2002).....	47
Tabla 32. Adherencia agregado grueso (MTC E 519: 2000).....	47
Tabla 33. Resumen de resultados de los ensayos realizados al agregado grueso y análisis según especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG 2013.....	48
Tabla 34. Equivalente de arena agregado fino (NTP 339. 146: 2000).....	49
Tabla 35. Angularidad del agregado fino (MTC E 222: 2000).....	49
Tabla 36. Durabilidad al sulfato de magnesio agregado fino (NTP 400.016:1999).....	50
Tabla 37. Adhesividad (Riedel weber) (MTC E 220 – 2000).....	50
Tabla 38. Índice de durabilidad del agregado fino (MTC E 2014: 2000).....	51
Tabla 39. Limite liquido malla N° 200.....	51
Tabla 40. Limite plástico malla N° 200.....	52
Tabla 41. Índice de plasticidad malla N° 200 (MTC E 111: 1999).....	52
Tabla 42. Contenido de sales solubles en el agregado fino (NTP 339. 152: 2002).....	53
Tabla 43. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400 022: 2002).....	53
Tabla 44. Resumen de resultados de los ensayos realizados al agregado fino y análisis según especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG 2013.....	54
Tabla 45. Combinación de agregados - materiales procesados.....	55
Tabla 46. Combinación de agregados.....	56
Tabla 47. Cuadro de resumen de los Parámetros Marshall.....	56
Tabla 48. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, Mezcla patrón.....	60
Tabla 49. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 2% Dióxido de Titanio.....	61
Tabla 50. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 4% Dióxido de Titanio.....	61
Tabla 51. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 8% Dióxido de Titanio.....	62
Tabla 52. Resultados de degradación de Rodamina B muestras patrón sin dióxido de titanio P-1, P-2, P-3 (UNI 11259).....	62
Tabla 53. Resultados de degradación de Rodamina B con 2% de dióxido de titanio, muestras 1-2%, 2-2%, 3-2% (UNI 11259).....	63
Tabla 54. Resultados de degradación de Rodamina B con 4% de dióxido de titanio, muestras 1-4%, 2-4%, 3-4% (UNI 11259).....	63
Tabla 55. Resultados de degradación de Rodamina B con 8% de dióxido de titanio, muestras 1-8%, 2-8%, 3-8% (UNI 11259).....	63

Tabla 56. Resumen de resultados de degradación de Rodamina B, promedio de R4 Y R26 de las muestras patrón, 2%, 4% y 8% de dióxido de titanio..... 64

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. La Basílica “Dives in Misericordia” en Roma (2003).....	8
Figura 2. Los 2 edificios de la “Ciudad de la Música y las Bellas Artes.....	8
Figura 3. Ciudad de la Música y las Bellas Artes” de Chambéry (2000)	8
Figura 4. Jefatura de la Policía Nacional francesa en Burdeos, Francia (2002)	9
Figura 5. Iglesia lesu en riberas de Ioiola. San Sebastián (2007 – 2011)	9
Figura 6. Vivienda unifamiliar al sur de España (2013)	10
Figura 7. Pavimento articulado fotocatalítico “remodelación de la fábrica de cemento de Calusco en Italia”	10
Figura 8. Pavimento rígido fotocatalítico “Tunnel in Milan (Via Porpora)”	11
Figura 9. Umberto I” tunnel in Rome, Italy” después	11
Figura 10. Umberto I” tunnel in Rome, Italy” antes	11
Figura 11. Pavimento articulado fotocatalítico “Plaza Conresa. Mislata. Valencia”	12
Figura 12. Pavimento articulado fotocatalítico “Calle Borgo Palazzo de Bérgamo (Italia)	12
Figura 13. Superficie asfáltica, mezcla Asfalto – Agregados.....	13
Figura 14. Paquete estructural de un pavimento flexible.....	13
Figura 15. Aparato Marshall	18
Figura 16. Mezcla asfáltica modificada con dióxido de titanio	19
Figura 17. Elementos que se pueden eliminar mediante la fotocatalisis	22
Figura 18. Gráfico, estabilidad vs % Dióxido de titanio.....	32
Figura 19. Gráfico, R4 vs R26.....	34
Figura 20. Gráfico, Marshall muestra patrón.....	36
Figura 21. Gráfico, 2% Tio2 Vs Muestra patrón.....	37
Figura 22. Gráfico, 4% Tio2 vs muestra patrón	38
Figura 23. Gráfico, 8% Tio2 Vs Muestra patrón.....	40
Figura 24. Diagrama de fluidez malla N°200	52
Figura 25. Gráfico, Peso Unitario (grs/cc) vs %Cemento	57
Figura 26. Gráfico, %Cemento asfáltico vs %Vacíos.....	57
Figura 27. Gráfico, % Cemento asfáltico vs Flujo	58
Figura 28. Gráfico, % Cemento asfáltico vs Estabilidad	58
Figura 29. Gráfico, % Cemento asfáltico vs Índice de Rigidez	59
Figura 30. Gráfico, % Cemento asfáltico vs VMA.....	59
Figura 31. Gráfico, % Cemento asfáltico vs VFA.....	60

RESUMEN

En esta investigación se planteó como objeto de estudio la Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura 2022.

La metodología se adaptó a la investigación de tipo aplicada, diseño experimental y enfoque cuantitativo, la población de estudio, incluyó 24 especímenes en total, 6 muestras patrón, 6 muestras con 2% de dióxido de titanio, 6 con 4% de dióxido de titanio y 6 con 8% de dióxido de titanio.

Se llegó a la conclusión que el dióxido de titanio es un buen aditivo para mejorar sus propiedades mecánicas siendo la adición de 2% quien mejores resultados presento, logrando mejorar las propiedades de la mezcla, la estabilidad aumento de 1206kgs obtenidos en la muestra patrón a 1460.8kgs. En cuanto a la propiedad fotocatalítica de degradación se llegó a la conclusión que la mezcla es capaz de degradar al colorante orgánico rodamina B, mostrando los mejores resultados con la adición de 8 % TiO_2 , para R4 con 8% de dióxido de titanio se obtuvo un porcentaje de 11.76% y para R26 con 8% de dióxido de titanio arrojó una degradación de 28.49, aun así la mezcla no puede ser considerada como material fotocatalítico debido a que no supero las especificaciones técnicas de la norma utilizada.

Palabras clave: Dióxido de titanio, Fotocatálisis, asfalto, Pavimentos, RodaminaB

ABSTRACT

In this investigation, the Determination of the mechanical and photocatalytic properties of asphalt added with Titanium Dioxide, Piura 2022, was proposed as an object of study.

The methodology was adapted to applied type research, experimental design and quantitative approach, the study population included 24 specimens in total, 6 standard samples, 6 samples with 2% titanium dioxide, 6 with 4% titanium dioxide and 6 with 8% titanium dioxide.

It was concluded that titanium dioxide is a good additive to improve its mechanical properties, the addition of 2% being the one who presented the best results, managing to improve the properties of the mixture, the stability increased from 1206kgs obtained in the standard sample to 1460.8 kg Regarding the photocatalytic property of degradation, it was concluded that the mixture is capable of degrading the organic dye rhodamine B, showing the best results with the addition of 8% Tio₂, for R4 with 8% titanium dioxide, a percentage of 11.76% and for R26 with 8% of titanium dioxide it showed a degradation of 28.49, even so the mixture cannot be considered as a photocatalytic material because it did not exceed the technical specifications of the standard used.

Keywords: Titanium dioxide, Photocatalysis, asphalt, Pavements, Rhodamine B

I.- INTRODUCCIÓN

Existen grandes problemas que abruman a la humanidad y que están lejos de ser resueltos a inicios del siglo XXI, uno de ellos es sin duda la contaminación ambiental, originada en gran parte por el hombre mismo. Para poder resolver problemas de esta magnitud necesitamos que en la ingeniería se innove constantemente para mejorar la eficiencia de los materiales, con el objetivo de optimizar su efectividad en la ingeniería o para beneficio de la sociedad.

En 2013, los costos por enfermedades producidas por la contaminación generaron perdidas en el mundo de USD 5,11 billones, el doble en comparación a 20 años atrás y las perdidas por ausencia en el trabajo a nivel de mundo fueron de USD 225,000 millones, 40% más que 2 décadas atrás. (Narain & Sall, 2016)

El 16 de octubre del 2019 en una conferencia sobre contaminación ambiental y salud publica la Dr. María P. Neira González encargada del área de salud pública de la OMS nos dio a conocer un informe desgarrador, donde nos revela que el 92% de los seres humanos que habitan en urbes, respira aire contaminado y que la contaminación urbana fue la responsable de 4.2 millones de muertes en 2016.

En lima los vehículos motorizados son los responsables del 80% del aire contaminando y la industria automotriz no ha dejado de crecer en los últimos 20, convirtiendo a lima en una de las capitales más afectadas por la contaminación del aire en Sur América. Tapia et al. (2018)

Por otro lado, en los últimos años en Piura, el parque automotor y las obras viales han aumentado considerablemente; típico de las ciudades que están en constante crecimiento. El crecimiento en el parque automotor origina una mayor concentración de contaminantes NOx, SOx entre otros, que son una amenaza para la salud de todos. Esta investigación nace como propuesta a la necesidad de detener el avance constante del grado de contaminación del aire incorporando una propiedad descontaminante al asfalto y a la vez mejorar sus propiedades mecánicas; en tal sentido se plantea incorporar al Dióxido de Titanio como nuevo componente de la mezcla asfáltica, para generar un proceso similar al de la

fotosíntesis, a este proceso se le conoce como fotocatalisis, en la fotosíntesis los rayos ultravioleta activan la clorofila de las plantas transformando el CO₂ en O₂ puro, de igual forma en la fotocatalisis los rayos ultravioleta activan el dióxido de titanio descomponiendo así los NO_x en nitritos y nitratos solidos que se asientan sobre la carpeta asfáltica y finalmente son arrastrados por la lluvia. Habiendo descrito el entorno en el que se desenvuelve la problemática del estudio se precisa como problema general: ¿Cómo determinar las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio (TiO₂), Piura, 2022? Y como problemas específicos: ¿Cómo determinar la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica adicionada con dióxido de titanio, Piura, 2022?, ¿Cómo determinar la capacidad de degradación de la mezcla asfáltica modificada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022?, ¿Cómo determinar la dosificación adecuada de dióxido de titanio en la mezcla asfáltica, Piura, 2022?

Este estudio está justificado teóricamente ya que tiene la intención de dar información analizada mediante ensayos de laboratorio estandarizados sobre la incorporación de una nueva propiedad descontaminante y la mejora de las propiedades mecánicas en la mezcla asfáltica, esta información podría ser incorporada como conocimiento a ingenieros, estudiantes o empresas ligadas al rubro de infraestructura vial. Del mismo modo cuenta con una justificación de carácter ambiental, si entendemos que las enfermedades adquiridas por contaminación, tienen en el Perú una alta participación tanto en la tasa de mortalidad, como en el gasto de salud pública, entenderemos la vital importancia y necesidad de investigaciones con estos objetivos, no solo para mejorar la salud pública y reducción de costos sanitarios, sino también para el crecimiento del país, es fácilmente demostrable que las personas son mucho más productivas en un ambiente saludable, pero sobre todo evitaríamos que las grandes ciudades sobrepasen los límites de PM establecidos por la OMS. Y está justificado metodológicamente por ser algo novedoso y estratégico en su aplicación debido a que los pavimentos están directamente relacionados con el parque automotor y es lo más cercano a los tubos de escape de los vehículos; otra razón muy importante es que se plantea la aplicación de la fotocatalisis principalmente en Piura, dado que para dar lugar a esta reacción química descontaminante se necesitan tres

elementos principales, el oxígeno que abunda en el medio ambiente, un catalizador en este caso Dióxido de Titanio, y rayos ultravioleta lo que convierte a Piura en un lugar ideal para esta aplicación, se analizaran las propiedades del asfalto con Dióxido de Titanio con el método Marshal y las propiedades fotocatalíticas con el ensayo de Rodamina B, esto permitió obtener conocimiento valido y confiable.

En este estudio se estableció como objetivo general: Determinar las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con dióxido de titanio (TiO₂), Piura, 2022. Para el cual se plantean los siguientes objetivos específicos: Determinar la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica adicionada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022; Determinar la capacidad de degradación de la mezcla asfáltica modificada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022; Determinar la dosificación adecuada de Dióxido de Titanio en el asfalto, Piura, 2022.

II.- MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales:

Segura Montoya y Camelo Manzanares (2019) en su tesis para optar por el título de ingeniero civil: *Evaluación de las propiedades fotocatalíticas de prefabricados para obras de infraestructura vial en concreto adicionado con dióxido de titanio (tio₂)* en la Universidad Piloto de Colombia. Tuvo como objetivo analizar de forma atributiva y numérica la fotocatalisis en elementos fabricados con concreto que contenían dióxido de titanio(Tio₂) en diferentes cantidades, evaluando la resistencia a la compresión y la capacidad para descontaminar el medio ambiente, para obtener el mejor diseño de mezcla que pueda ser aplicado en la construcción de vías. Concluyendo que la resistencia de los elementos disminuía con el incremento de la dosificación de dióxido de titanio pese a ello los prefabricados de concreto cumplen con la Norma Técnica Colombiana; que es 4000 psi (28 MPa). También evidencio que a más cantidades de dióxido de titanio mayores son las propiedades fotocatalíticas y que las muestras adicionadas con 7.5% de dióxido de titanio son las que mayor degradación presentaron. El concreto con agregados de residuos de cantera debe adicionarse con un 5% de dióxido de titanio para que cumpla con la resistencia y descontamine el medio ambiente. La adición del 7.5% de dióxido de titanio cumple con los propósitos establecidos con la desventaja de que aumenta el costo de producción.

Molina Villar y Rangel Verdugo (2020) en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil: *Efecto de la adición de dióxido de titanio en las propiedades mecánicas y de durabilidad en materiales a base de cemento* en la Universidad Católica de Colombia. El objetivo de este proyecto fue analizar las características del concreto modificado con pocas cantidades de dióxido de titanio(Tio₂) y como afecta las características mecánicas de elementos hechos con cemento, también, se realizó un análisis de las propiedades fotocatalíticas por medio de este proceso. Se concluyo que para el estudio de cubos morteros con dosificación 1:2.75 con una relación a/c de 0.48 la adición de dióxido de titanio genera corrosión, adicionando un 2% de dióxido de titanio a las muestras se tiene una buena resistencia a la

compresión, y a mayor cantidad de dióxido(Tio₂) debilita el concreto ante la compresión debido a que el dióxido de titanio actuaría como material de relleno, también establece que disminuye la resistencia a la conductividad eléctrica y por ende la porosidad es mayor aumentando la tasa de corrosión por exposición al medio ambiente.

Suárez et al (2016) en esta investigación titulada: *Evaluación de la reducción de óxidos de nitrógeno utilizando materiales fotocatalíticos comerciales. Proyecto LifeMinox-Street de la UE*. En esta investigación se analizó como objetivo varios productos fotocatalíticos que se comercializan en España para la aplicación en asfalto, pavimentos de aceras y fachadas. Se analizaron las propiedades de los productos durante todo el transcurso de aplicación, desgaste y evolución, para seleccionar el mejor producto de acuerdo a cada estructura. Este proyecto logro seleccionar los 26 productos con mayor eficiencia fotocatalítica de acuerdo a la norma (ISO 221971) que se comercializaban en España con el fin de ser aplicados en asfalto, pavimentos de aceras y fachadas. Dentro de estos existen productos capaces de eliminar hasta el 50% de NO_x. En pavimentos flexibles se observó una disminución en la actividad fotocatalítica con el paso del tiempo debido al tránsito vehicular que genera desgaste en el material fotoactivo, las partículas acumuladas sobre este y el envejecimiento de los materiales. Se concluyo que la mayoría de los productos fotocatalíticos analizados son capaces de eliminar los compuestos NO_x aun después de ser sometidos a desgaste.

En cuanto a los antecedentes nacionales tenemos:

(Zuasnábar, 2019) realizo su investigación de tesis para obtener el grado de ingeniero civil denominada: Comportamiento del mortero de cemento Pórtland tipo I para fachadas, Lima Metropolitana – 2018 en la Universidad Ricardo Palma. En esta investigación se planteó mejorar y analizar las características físicas y mecánicas del mortero adicionándole dióxido de titanio en diferentes cantidades, y finalmente encontrar la dosificación adecuada. En cuanto a la fluidez del mortero se determinó que disminuye comparando la fluidez de 91.09% de un mortero con 10% de dióxido de titanio y un 115.10 % de un mortero patrón. La trabajabilidad

adecuada se obtuvo con una adición de 5%. La muestra patrón alcanzó una resistencia a los 28 días de 152.70kg/cm^2 y el mortero con 10% de dióxido 122.93kg/cm^2 determinando una disminución en la resistencia a la compresión, lo mismo se vio reflejado con adición de 5%, 7.5% y 10%. En cuanto al análisis las propiedades fotocatalíticas con rodamina B se determinó que en todos los casos cumple con la propiedad de degradación de la rodamina, de la misma forma cumple con la propiedad de autolimpieza en todos porcentajes adicionados 5%, 7.5% y 10%.

Soncco Paredes (2021) En su investigación de grado para obtener el título de ingeniero civil: *Evaluación de las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire, en morteros de cemento, puno - 2020* en la Universidad Nacional del Altiplano. Se planteó como objeto de estudio analizar el efecto del dióxido de titanio(TiO_2) en los morteros y finalmente encontrar una dosificación que no afecte dichas propiedades. Concluyendo que se determinaron buenos resultados con adiciones de 5% y 7% en las propiedades fotocatalíticas de eliminación de contaminantes volátiles y de autolimpieza. Respecto a las propiedades mecánicas en adiciones de 3%, 5%, 7% la compresión, mostró una disminución de 2.48%, 11.92%, 17.81% respectivamente, en comparación con la muestra patrón cuya resistencia obtenida fue 125 kg/cm^2 . En el análisis de la flexión con las mismas características anteriores se observó una disminución de 2.47%, 5.45%, 6.95% respectivamente en comparación con la muestra patrón cuya resistencia obtenida a la flexión de diseño fue 33.5 kg/cm^2 . En cuanto a las propiedades físicas de absorción en adiciones de 3%, 5% y 7%, disminuyó 10.70%, 15.84% y 23.08% respectivamente, a las 24 h. de estar sumergido en agua, en comparación con la muestra patrón cuya absorción fue de 148.27 gr/100cm^2 . En el análisis de la permeabilidad con las mismas características anteriores se observó una disminución de 25.41%, 37.46% y 64.48% respectivamente, en comparación con el mortero sin dióxido de titanio cuyo coeficiente de permeabilidad fue de $5.93 \cdot 10^{-6}\text{ cm/seg}$.

Espinal Hinostroza y Rimachi Araujo (2020) realizó su investigación de tesis para obtener el grado de ingeniero civil denominada: *Influencia de la adición de nanosílice (SiO₂) y dióxido de titanio (TiO₂) en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de nanopartículas* en la Universidad Peruana Unión. En esta tesis se tuvo como objetivo estudiar el efecto del TiO₂ en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% y un aditivo superplastificante en el concreto, comparándolo con un concreto patrón. El análisis se realizó en estado fresco y endurecido a los 7, 14 y 28 días. Se concluyó después de estudiar las proporciones de 0.5%, 1.0%, 1.5%, con un concreto de resistencia $f'c=350\text{kg/cm}^2$ que la adición de 0.5% de dióxido de titanio era la que mejores resultados presentaba, se notó que la mezcla adquiría un color blanco por el pigmento del dióxido de titanio lo que ayudaba a absorber radiación electromagnética mediante la cual se eliminaban contaminantes, esto a su vez también generaba una desventaja dado que con el paso del tiempo la contaminación ambiental dañaba el aspecto y color. Se determinó también que la resistencia del concreto aumentó en un 4%.

A continuación, se describe una breve historia sobre la fotocatalisis.

La reacción química fotocatalítica con Dióxido de Titanio fue descubierta en 1967 por Akira Fujishima publicándose el primer artículo científico sobre esta reacción en 1972, el descubrimiento de la propiedad de descomponer compuestos orgánicos y autolimpieza generaron una revolución en algunos materiales empleados en la construcción. En 1990 se descubre la capacidad de la fotocatalisis con dióxido de titanio de eliminar contaminantes como los NO_x. En 1994 se realizaron las primeras aplicaciones del dióxido de titanio en la construcción, a partir de ahí los estudios sobre su efectividad de dióxido de titanio incorporado a otros materiales para descontaminar el medio ambiente se hizo masivo, siendo hoy Europa el continente que tiene la delantera en estas investigaciones y su aplicación en el sector construcción.(González Barriga, 2018)

Aplicación de la fotocatalisis con Dióxido de Titanio en edificaciones:

Basílica Romana, construida por Richard Mehier, (1999-2003) Construida de concreto fotocatalítico que poseía propiedades auto limpiantes que mantenían intacta la estética del proyecto, para la medición de los resultados fotocatalítico se utilizó la escala de colores CIELAB.(Alejandro y Romero, 2017) (fig. N°1)

Figura 1. La Basílica “Dives in Misericordia” en Roma (2003)



Fuente: (Alejandro y Romero, 2017)

Ciudad de la Música y las Bellas Artes Obra construida en el 2000 consta de 2 edificios, su estructura fue construida con concreto fotocatalítico in situ, en esta construcción se hizo un seguimiento durante 8 años en más de 190 puntos alrededor de los edificios, se monitoreo el efecto autolimpiante con un sistema colorimétrico de escala CIELAB, la propiedad fotocatalítica arrojó excelentes resultados mostrando cambios mínimos en el color.(Laplaza Guerra, 2011) (Alejandro y Romero, 2017) (Abella Rodríguez, 2015) (fig. 2 y 3)

Figura 3. Ciudad de la Música y las Bellas Artes” de Chambéry (2000)



Fuente: (Alejandro y Romero, 2017)

Figura 2. Los 2 edificios de la “Ciudad de la Música y las Bellas Artes



Fuente: (Laplaza Guerra, 2011)

Jefatura de la Policía Nacional francesa en Burdeos (Francia), Obra que se construyó en 2002 fabricada de concreto con propiedad fotocatalítica.(Ponnet et al., 2009) (fig N°4)

Figura 4. Jefatura de la Policía Nacional francesa en Burdeos, Francia (2002)



Fuente: (Ponnet et al., 2009)

Iglesia lesu en riberas de Ioiola. San Sebastián (2007 – 2011) Es otro caso de éxito en cuanto a las propiedades descontaminantes y autolimpiantes del concreto fotocatalítico, Obra diseñada por el Arquitecto Rafael Moneo de aproximadamente 10.000m². (fig. 5)

Figura 5. Iglesia lesu en riberas de Ioiola. San Sebastián (2007 – 2011)



Fuente:(arkitekturaz.wordpress.com)

Vivienda unifamiliar al sur de España (2013) Construida con revestimiento fotocatalítico que confiere a la vivienda las propiedades descontaminante y autolimpiante, el revestimiento de 5mm de espesor en un área de 465m², mostró un efecto autolimpiante efectivo, y se calcula que de acuerdo al área es capaz de eliminar 18kg/año de NOx.(Arto Torres, 2015) (fig. 6)

Figura 6. Vivienda unifamiliar al sur de España (2013)



Fuente:(Arto Torres, 2015)

Aplicación de la fotocatalisis en obras de infraestructura vial:

Pavimento articulado parte de la remodelación de la fábrica Italcementi en Italia, de acuerdo al área de del pavimento de 8000 m² se logró comprobar una eliminación de NOX del 45%.(Alejandro y Romero, 2017) (Ponnet et al., 2009) (fig. 7)

Figura 7. Pavimento articulado fotocatalítico “remodelación de la fábrica de cemento de Calusco en Italia”



Fuente:(Alejandro y Romero, 2017)

Tunnel in Milan (Via Porpora) Fue el primer túnel en el que se aplicó la fotocatalisis, se aplicó un pavimento de concreto fotocatalítico de 104m de largo y 7 de ancho y una pintura fotocatalítica para la bóveda, se demostró que con esta aplicación se eliminó hasta el 27% de NOx en el túnel.(Cassar et al., 2007) (Ponnet et al., 2009) (Fig. 8)

Figura 8. Pavimento rígido fotocatalítico “Tunnel in Milan (Via Porpora)”



Fuente:(Ponnet et al., 2009)

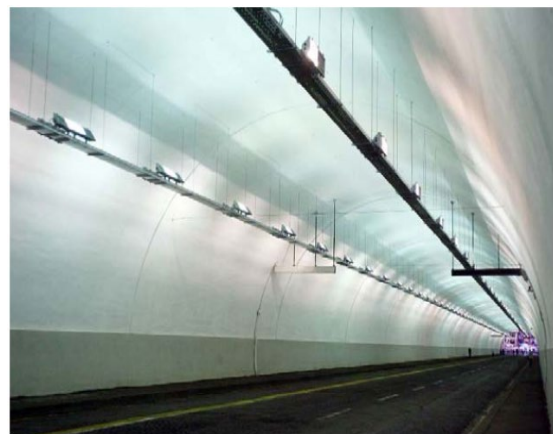
“Umberto I” tunnel in Rome, Italy, durante la renovación del túnel de 387x17x9m se aplicó una pintura fotocatalítica sobre la bóveda de 9000 m², en la comparación del antes y después de la aplicación se encontró una reducción de hasta el 50% de NOx.(Guerrini, 2012) (fig. 9 y 10)

Figura 10. “Umberto I” tunnel in Rome, Italy” antes



Fuente:(Laplaza Guerra, 2011)

Figura 9. “Umberto I” tunnel in Rome, Italy” después



Fuente:(Laplaza Guerra, 2011)

Pavimento articulado “Plaza Conresa. Mislata. Valencia” pavimento formado con adoquines con propiedades fotocatalíticas descontaminantes.(Laplaza Guerra, 2011) (fig. 11)

Figura 11. Pavimento articulado fotocatalítico “Plaza Conresa. Mislata. Valencia”



Fuente:(Laplaza Guerra, 2011)

Calle Borgo Palazzo de Bérghamo (Italia), Se construyó un pavimento articulado de 500m con un área de 7000m², en el que se hizo un seguimiento de los niveles de contaminación antes y después de la instalación del pavimento articulado fotocatalítico, se evidenció en el estudio una disminución en los niveles de contaminación entre 30 y 40%.(Laplaza Guerra, 2011)

Figura 12. Pavimento articulado fotocatalítico “Calle Borgo Palazzo de Bérghamo (Italia)”



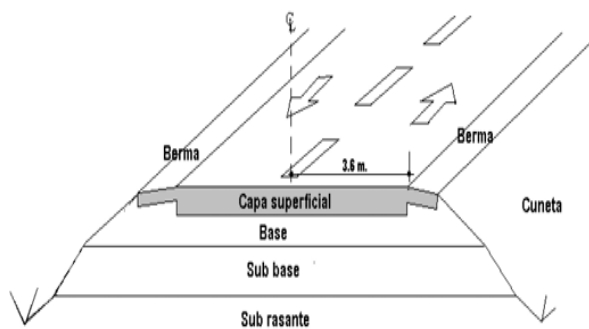
Fuente:(Laplaza Guerra, 2011)

A continuación, se describen conceptos fundamentales relacionados con el tema de estudio:

El pavimento flexible también denominado pavimento asfáltico es una estructura creada por el hombre con el objetivo de facilitar el tránsito vehicular, está conformada por 3 o 2 capas internas y una capa superficial de ruedo o comúnmente denominada superficie de rodadura(fig.13) esta a su vez está constituida por asfalto y agregados(fig.14).

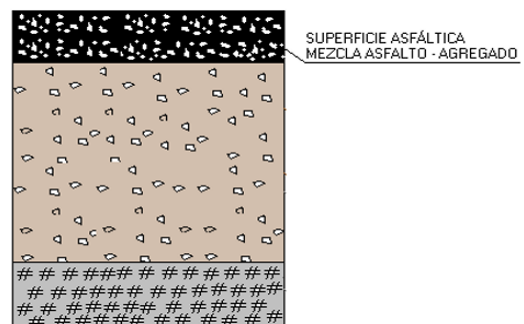
Esta superficie debe tener la capacidad de ser estable al tránsito, resistir a las cargas generadas por el tránsito, tener la textura que permita el desplazamiento de los vehículos evitando el patinaje, debe ser impermeable para evitar filtraciones.(Escobar et al., 2012), El ensayo Marshall o métodos similares sirven para diseñar mezclas asfálticas.(Sotil, 2014)

Figura 14. Paquete estructural de un pavimento flexible



Fuente:(Escobar et al., 2012)

Figura 13. Superficie asfáltica, mezcla Asfalto – Agregados



Fuente:(Valenzuela., 2003)

El asfalto en la mezcla representa del 10 - 15% de su peso y el agregado del 90 – 95% de su peso final. Las proporciones de estos dos componentes deben ser analizados cuidadosamente mediante ensayos, bajas cantidades de asfalto produce pavimentos poco permeables que pueden desintegrarse con facilidad por acción de la lluvia o el tránsito y mucho asfalto produce inestabilidad en la carpeta asfáltica.(Valenzuela, 2003a)

El asfalto es un derivado del petróleo de coloración oscura se puede obtener de forma industrial o natural. El petróleo de base asfáltica proporciona un buen asfalto para pavimentación debido a su buena adherencia a los agregados y por su resistencia al cambio climático. El mejor asfalto industrial usado es el destilado mediante vapor, que está compuesto principalmente por Bitumen. Los tipos de asfalto que se usan para pavimentación son: Asfaltos Sólidos o Cementos Asfálticos; se emplean en la conformación de la carpeta asfáltica, estos poseen muy buena adherencia, resistencia al clima y es un material impermeable lo que asegura la vida útil del pavimento. Asfaltos Líquidos o Asfaltos Cortados; se reduce su viscosidad mediante diluyentes extraídos del petróleo con el fin de ser aplicados en zonas con bajas temperaturas y evitar un endurecimiento acelerado. Emulsiones Asfálticas; se aplican debajo de la carpeta asfáltica.(Valenzuela, 2003b)

Los denominados agregados pétreos son un conglomerado de partículas de diferentes tamaños los que pueden ser empleados en las mezclas en su estado natural o triturados, en el análisis granulométrico se considera gravas a las partículas 2 mm a 6.4 cm; de 0.075 y 2 mm se les considera como arena gruesa o arena fina y tamaños inferiores a 0.075 son reconocidas como filler. Pueden ocupar hasta el 75% del volumen total de la mezcla y tienen la función de distribuir las cargas del parque automotor a las capas inferiores.(Lizcano y Quintana, 2015)

Los agregado fino y grueso se analizan utilizando como fuente el Manual de Carretera: Especificaciones técnicas EG – 2013 y graduados mediante el análisis granulométrico de acuerdo a los usos establecidos en la, o como alternativa según la designación ASTM D 3515. según la norma NTP 339.128 – 1999 para obtener una gráfica granulométrica uniforme se pueden utilizar los tamices 3”(75.0mm); 1½”(37.5mm); ¾”(19.0mm); 3/8”(9.5mm); N°4(4.75mm); N°8(2.36mm); N°16(1.18mm); N°30(600um); N°50(300um); N°100(150um) y N°200(1um).

El análisis de dichos agregados son parte importante en la mezcla asfáltica, su calidad afectará directamente las propiedades de la mezcla.(Minaya Gonzales y Ordoñez Huaman, 2001)

Tabla 1. Gradación para mezcla asfáltica en caliente

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

Fuente: (Manual de carreteras EG 2013)

Algunos de los ensayos para el análisis de los agregado (AASHTO Y ASTM)(Lizcano y Quintana, 2015)

Resistencia al desgaste (Máquina de los ángeles): Se somete al agregado grueso al fracturamiento mediante esferas de 46.8mm de diámetro, masa 390 y 445g, estas esferas de acero terminan fracturando a los agregados. Aunque en teoría el agregado se fractura por la fricción entre las partículas.

Perdidas en sulfato de sodio(Na_2SO_4) y magnesio(MgSO_4): En esta prueba los agregados se sumergen en soluciones de (Na_2SO_4) y (MgSO_4), posteriormente el agregado se mete en hornos para el secado, después de esto se vuelven sumergir en las soluciones generando así un proceso de deshidratación de la sal, que al expandirse dentro de los agregados termina por desintegrarlos, en teoría se busca evaluar la resistencia de los agregados al intemperismo.

Caras fracturadas: En este ensayo se evalúan las caras fracturadas de agregado grueso entre 9.5mm y 90mm de diámetro.

Partículas alargadas o chatas: Consiste en determinar el porcentaje de muestras con este tipo de características.

Adhesividad Riedel Weber: En resultado de este ensayo es la cantidad mínima de carbonato sódico que se necesita para desprender la arena del ligante asfáltico, en otras palabras, determina la adhesividad entre el ligante asfáltico y la arena.

Equivalente de arena: Evaluamos el contenido de partículas de arcilla adheridos al agregado fino.

Tabla 2. Especificaciones para el agregado Grueso

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		< 3.000	>3.000
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx	15% máx
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% máx	35% máx
Adherencia	MTC E 517	95 a más	95 más
Indice de durabilidad	MTC E 214	35% mín	35% mín
Particula chatas y alargadas	ASTM 4791	10% max	10% máx
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles totales	MTC E 219	0,5% max	0,5% máx
bsorcion *	MTC E 206	1.0% max	1.0% máx

Fuente:(Manual de carreteras EG 2013)

Tabla 3. Especificaciones para el agregado Fino

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		< 3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
ngularidad del agredao fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx	8 máx
Indice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	-	18% máx
Indice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín	35 mín
Indice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Absorción	MTC E 205	0.5% máx	0.5% máx

Fuente:(Manual de carreteras EG 2013)

Diseño de MAC usando el ensayo Marshall (MTC E 504)

El método Marshall conocido como el método de estabilidad y flujo, es el más usado actualmente para determinar las propiedades mecánicas de la mezclas asfálticas en caliente y el control de las mezclas en obra.(López Caiza, 2017, p.11)

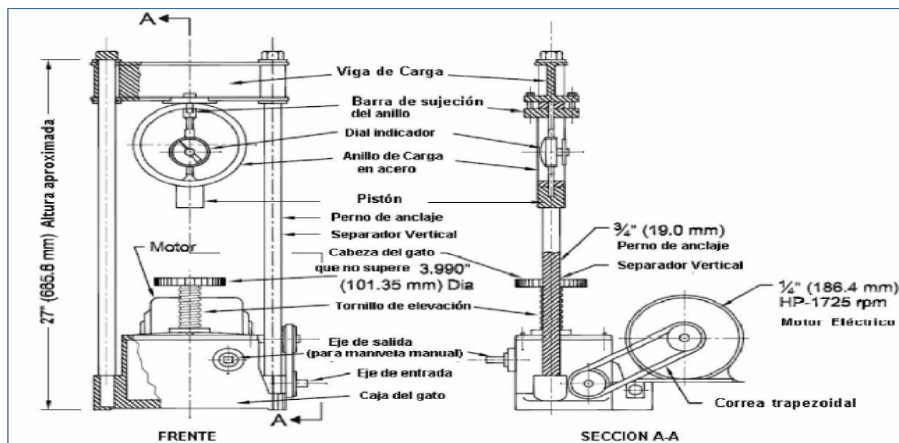
El objetivo del Marshall es diseñar las mezclas asfálticas y determinar su comportamiento fabricando muestras de 64mm de altura y 102 mm en diámetro y determinar a través de estas sus propiedades mecánicas, el agregado para estas muestras es de 25 mm máximo y se utilizan un min de 3 muestras por cada variación de bitumen esta variación es de 0.5%. Los porcentajes de asfalto van de 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7%, una forma de tanteo para llegar al óptimo % de asfalto en la mezcla. Este porcentaje óptimo se selecciona de acuerdo a las propiedades que deseamos para nuestra mezcla, de acuerdo a requisitos o especificaciones técnicas.

Aplicando carga constante a las muestras se determina la resistencia máxima a la deformación, al nivel de deformación se le conoce como flujo, las características de la mezcla varían de acuerdo con la calidad de los agregados o cantidad de bitumen en la mezcla.

Para elaborar las muestras se necesitan los siguientes equipos:

Moldes de forma cilíndrica para especímenes, como base se necesitaran placas y para mantener la estabilidad durante la compactación de las muestras se necesitaran collarines, sostenedor para molde, mantendrán en su posición al molde, el collar y la placa durante la compactación, extractor de Especímenes que sirve para evitar daños en las muestras durante su extracción, consta de un disco de acero de $D = 100\text{mm}$ y $e = 12.5\text{mm}$, martillos con manubrio sostenido manualmente ó manubrio fijo, sirven para la compactación de las muestras, lo ideal es que las muestras se compacten con un solo tipo de martillo para evitar diferencias en la densidad de los especímenes.

Figura 15. Aparato Marshall



Fuente:(MTC)

Tabla 4. Especificaciones para la mezcla asfáltica

Parámetro de diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 KN	5,44 KN	4,53 KN
3. Flujo 0.01" (0.25 mm)	8 - 14	8 - 16	8 - 20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
5. Vacíos en el agregado mineral			
Inmersión - Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín)	75	75	75
Relación polvo - Asfalto (2)	0,6 - 1,3	0,6 - 1,3	0,6 - 1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700 - 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Min		

Fuente:(Manual de carreteras EG 2013)

Razones que impulsan a la modificación de las mezclas asfálticas:

Los asfaltos son una tecnología muy estudiada y utilizada a nivel mundial, debido a esto se ha probado su modificación a través de la aplicación de muchos productos que buscan optimizar las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla y de esta forma mejorar su respuesta ante diferentes condiciones de ambiente o carga. Comúnmente las propiedades que se buscan mejorar son la rigidez, resistencia a la deformación ante cargas monotónicas, resistencia al ahuellamiento, resistencia a la fatiga, al envejecimiento, y los daños producidos por la humedad, (Casey et. Al.,2008 citado por (Lizcano y Quintana, 2015))

Otros aditivos recientemente investigados para modificar los asfaltos son el almidón y nanopartículas, investigaciones sugieren que al adicionar 5% de almidón de acuerdo al peso de la mezcla aumentan la resistencia a la deformación permanente y presentan menor daño por humedad. (al et al., 2011 citado por (Lizcano y Quintana, 2015))

A continuación, se da una breve definición del pavimento asfáltico modificado descontaminante con dióxido de titanio:

Un pavimento flexible descontaminante es aquel pavimento capaz de cumplir con dos funciones de manera eficiente, la primera tarea del pavimento se puede determinar de manera visual, y es servir de superficie de rodadura para los vehículos permitiéndoles dirigirse de un lugar a otro con eficiencia y se puede decir que es la tarea común de los pavimentos, la segunda tarea de los pavimentos flexibles descontaminantes no se puede determinar de manera visual, se necesitaría algún medidor de CO₂ o prueba destructiva aplicada al pavimento, esta tarea consiste en eliminar los compuesto contaminantes emitidos por los vehículos que transitan sobre dicho pavimento, esta es una tarea exclusiva de los pavimentos descontaminantes.

La mezcla asfáltica descontaminante se forma a través de la unión de la mezcla asfáltica común y un material semiconductor, como en el caso de esta tesis que se adiciona dióxido de titanio(TiO₂) que en contacto con los rayos UV da lugar a la fotocatalisis, esta función descontaminante se puede medir a través de ensayos de laboratorio como el de rodamina B.

Figura 16. Mezcla asfáltica modificada con dióxido de titanio



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se define la fotocatalisis con (Tio2):

El TiO₂ activado con los rayos ultravioleta produce una reacción capaz de degradar materia orgánica, por esta reacción se le considera un catalizador.(Papamija y Sarria, 2010). Este proceso catalítico se da utilizando como fuente la energía solar, que tiene la capacidad de despertar a un semiconductor (catalizador, en este caso Tio2) al punto de hacer que se convierta en un material conductor, aprovechando los rayos uv de la luz solar para llevar a cabo una reacción química que elimina compuestos contaminantes suspendidos en el aire. Esta propiedad fotocatalítica puede transformar materiales empleados en la construcción comunes en materiales sostenibles con el medio ambiente.(Ramírez, 2006)

Definición del dióxido de Titanio ventajas usos, aplicaciones en la construcción, capacidad descontaminante:

Se considera que es uno de los materiales más blancos que podemos encontrar en la naturaleza gracias a eso tiene un gran poder para envolver de color blanco a otros materiales dándoles una propiedad de auto limpieza al material que lo contiene.(Huamani Mollo y Solis Guerra, 2021). Es sorprendente las innumerables aplicaciones que tiene el Tio2 en medicina, alimentos y la industria de la construcción, etc.(Tuesta & Gutarra, 2004)

Algunas aplicaciones del Dióxido de Titanio en construcción:

- ❖ Pavimentos de rígidos.
- ❖ Pavimentos articulados.
- ❖ Morteros.
- ❖ Concreto armado.
- ❖ Pinturas.
- ❖ Lechadas.

Efecto descontaminante del Dióxido de Titanio:

Existen pocas pruebas normadas que nos ayuden a probar este efecto, para poder probar la capacidad descontaminante del dióxido de titanio en obras de infraestructura, se han realizado pruebas de laboratorio que consisten en inyectar una cantidad registrada de NOX en una cámara hermética, dentro de esta cámara se encuentra una pieza de concreto adicionada con Dióxido de Titanio y una lámpara que proporciona los rayos UV que activan al dióxido de titanio, la cámara se encuentra conectada a un medidor de contaminantes mediante esto se ha podido determinar que con esta práctica se pueden eliminar hasta un 91% NOx. (Borgarello citado por Huamani Mollo y Solis Guerra, 2021). La activación del catalizador dióxido de titanio se da mediante el contacto con los rayos ultravioleta. Cuando se da el contacto entre los rayos UV y el TiO_2 se da origen a un proceso de óxido - reducción capaz de descomponer mezclas inorgánicas y orgánicas volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NOX), etc., purificando el aire. (Benavides Prieto, 2016)

Este método tiene muchas ventajas entre ellas tenemos que es el único método capaz de convertir sustancias dañinas en inofensivas y compuesto orgánico en simples ácidos inorgánicos, puede destruir sustancias que no podrían ser destruidas mediante otros procesos como por ejemplo colorantes orgánicos, pesticidas, bifenilos policlorados (PCBs), dioxinas, disolventes. No es necesario separar las sustancias contaminantes del lugar donde se encuentran contenidas para ser eliminadas por este proceso, se da en temperaturas de entre 30 y 80° C por lo que se pueden usar energías limpias como el sol. (Giraldo et al., 2004)

En la siguiente figura se muestran los contaminantes que se pueden eliminar mediante esta aplicación(fig17):

Figura 17. Elementos que se pueden eliminar mediante la fotocátalisis

Sustancias que pueden reducirse por la fotocátalisis

Compuestos inorgánicos: NO_x , SO_x , CO , NH_3 , CH_3S y H_2S .

Compuestos orgánicos clorados: CH_2Cl_2 ; CHCl_3 ; CCl_4 ; 1,1- $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$; 1,2- $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$; 1,1,1- $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$; 1,1,2- $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$; 1,1,1,2- $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$; 1,1,2,2- $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$; 1,2- $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$; C_2HCl_3 ; C_2Cl_4 ; dioxinas; clorobenceno y clorofenol.

Compuestos orgánicos: CH_3OH ; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; CH_3COOH ; CH_4 ; C_2H_6 ; C_3H_8 ; C_2H_4 ; C_3H_6 ; C_6H_6 ; fenol; tolueno; etilbenceno; o-xileno; m-xileno y fenantreno.

Pesticidas: triadimefon; pirimicarb; asulam; diazinon; MPMC y atrazina.

Otros compuestos: bacterias; virus; células cancerígenas y PM.

Fuente: (Huamani Mollo y Solis Guerra, 2021)

III.- METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de Investigación

Esta tesis se adaptó a la investigación de tipo aplicada dado que el objetivo final de los resultados de esta investigación es que se pueda aplicar en los pavimentos flexibles mejorando sus características.

La investigación aplicada es aquella que se enfoca en resolver de manera sistemática problemas prácticos mediante un aporte innovador, técnico, artesanal e industrial tomando en cuenta teorías científicas confiables.(Cordero, 2009)

Diseño de la Investigación

Tesis experimental, se propone la modificación de los componentes de la carpeta asfáltica de los pavimentos flexibles, buscando lo mejora de los pavimentos a través de ensayos de laboratorio que se aplicarán a los especímenes de Asfalto que contendrán Tio₂ en cantidades de 2%, 4% y 8% comparando resultados con los de una mezcla patrón sin dióxido de titanio para comparar la mejora en sus propiedades mecánicas y su capacidad de degradación.

En la investigación experimental se tienen que establecer de manera exacta los resultados con métodos confiables, comparando muestras sometidas a experimento con muestras no experimentales.(Agudelo Viana & Aigner Aburto, 2008).

Enfoque

Esta investigación es cuantitativa, las hipótesis planteadas se evaluarán a través de ensayos de laboratorio estandarizados por normas internacionales y nacionales como ASTM D 1559, AASHTO T 245, Norma (UNI) 11259:2008, Manual de carreteras EG 2013, entre muchas otras normas que permitirán obtener resultados precisos.

La investigación cuantitativa emplea, ensayos de laboratorio estandarizados o formularios que buscan respuestas cerradas.(Vega Malagón et al., 2014)

3.2. Variables y Operacionalización:

- ✓ **variable independiente:** Dióxido de titanio

Definición conceptual: Se considera que es uno de los materiales más blancos que podemos encontrar en la naturaleza gracias a eso tiene un gran poder para envolver de color blanco a otros materiales dándoles una propiedad de auto limpieza al material que lo contiene.(Huamani Mollo y Solis Guerra, 2021)

Definición Operacional: La activación del catalizador dióxido de titanio se da mediante el contacto con los rayos ultravioleta. Cuando se da el contacto entre los rayos UV y el TiO_2 se da origen a un proceso de óxido - reducción capas de descomponer mezclas inorgánicas y orgánicas volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NOX), etc., purificando el aire.(Benavides Prieto, 2016, p.29)

Gracias a sus propiedades fotocatalíticas puede unirse a otros materiales como el asfalto y transferir estas propiedades que pueden ser medidas mediante el ensayo de rodamina B.

- ✓ **variable dependiente:** Propiedades mecánicas y fotocatalíticas de la mezcla asfáltica

Definición conceptual: La mezcla asfáltica es parte de la estructura de pavimentos flexibles, para su buen funcionamiento debe poseer propiedades mecánicas que garanticen su serviciabilidad, la carpeta asfáltica debe tener la capacidad de ser estable al tránsito, resistir a las cargas generadas por el tránsito, tener la textura que permita el desplazamiento de los vehículos evitando el patinaje, debe ser impermeable para evitar filtraciones.(Escobar et al., 2012)

Definición Operacional: El dióxido de titanio poseedor de propiedades fotocatalíticas al unirse con el asfalto transfiere estas propiedades formando pavimentos descontaminantes, lo que puede modificar las propiedades del asfalto

estas modificaciones en las propiedades se pueden medir mediante el ensayo Marshall.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población:

La población estudiada serán todos los especímenes especificados en la Tabla N°5, estas están divididas en muestras que serán empleadas en el ensayo Marshall y muestras que serán empleadas en el ensayo de Rodamina B, las cuales suman un total de 24

muestras, estas muestras serán analizadas en el laboratorio H & G asociados S.A.C.

La población de estudio está relacionada con el grupo de individuos, materiales etc., que han sido seleccionados como objeto de estudio por poseer determinadas características.(Bayardo, 1987)

Muestra:

En esta investigación se tomará como muestra a toda la población en estudio, N = n e incluirá 24 especímenes en total.

La muestra es un grupo de elementos de lo que determinamos como población de estudio, debido a que pocas veces es posible estudiar a toda la población.(Hernández Sampieri *et al.*, 2017)

Tabla 5. Numero de muestras por porcentaje de dióxido de Titanio

		Cantidad de especímenes para el estudio de los objetivos			
		ENSAYOS	Marshall	Rodamina B	
ADICION DE DIOXIDO DE TITANIO	Patrón		3	3	6
	2 %		3	3	6
	4%		3	3	6
	8 %		3	3	6
	TOTAL				24

Fuente: Elaboración Propia

Muestreo:

Se empleará un muestreo no probabilístico, Las muestras para analizar las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto fueron preparadas por el autor con anterioridad y seleccionadas a su criterio.

El muestreo por conveniencia elije las muestras por métodos no aleatorios, las muestras son seleccionadas de manera subjetiva por el investigador.(Casal y Mateu, 2003)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Observación participante	Guía de observación

Como técnica de investigación se utilizó la observación participante mediante la realización ensayos, registro y procesamiento de datos.

Como instrumento se emplearon tablas estandarizadas mediante normas, a través de la elaboración de hojas de cálculo en Excel.

La investigación participante en un proceso caracterizado por el investigador, con el fin de involucrarse en todo lo que le fuera posible, con el propósito de recolectar datos través del contacto directo.(Argilaga, 1995)

3.5. Procedimientos:

Paso 1: Se seleccionan los agregados que se emplearan en los ensayos, en esta investigación, se emplearon agregados de diferentes canteras para cumplir con los parámetros de la granulometría.

Paso 2: se realiza la evaluación de los agregados, debido a que estos tienen influencia directa sobre las propiedades mecánicas del asfalto se analiza la gradación de los agregados mediante el análisis granulométrico. Se utilizaron 4 tipos de agregados para cumplir con las especificaciones granulométricas.

Paso 3: se procede a realizar los ensayos para el agregado grueso.

Tabla 6. Ensayos para el agregado Grueso, Manual de carreteras EG 2013

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		< 3.000	>3.000
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx	15% máx
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% máx	35% máx
Adherencia	MTC E 517	95 a más	95 más
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín	35% mín
Partícula chatas y alargadas	ASTM 4791	10% max	10% máx
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles totales	MTC E 219	0,5% max	0,5% máx
Absorción *	MTC E 206	1,0% max	1,0% máx

Fuente: (Manual de carretera EG 2013)

Paso 4: se procede a realizar los ensayos para el agregado fino.

Tabla 7. Ensayos para el agregado fino, Manual de carreteras EG 2013

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		< 3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx	8 máx
Índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	-	18% máx
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín	35 mín
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Absorción	MTC E 205	0.5% máx	0.5% máx

Fuente: (Manual de carretera EG 2013)

Paso 5: Se calculan las proporciones en gramos, para las muestras patrón y las que contendrán dióxido de titanio al 2%, 4%, 8%.

Tabla 8. Componentes de las muestras patrón en gr

CALCULO DE LOS PESOS DE LOS COMPONENTES EN GRAMOS			
Pen 60/70	5.8%	---	72.5 gr
Piedra 1/2	38%	35.8%	447.5 gr
Arena chancada Sojo (cantera H&G)	35%	32.97%	412.1 gr
Arena Cerro Mocho	10%	9.42%	117.8 gr
Arena Santa cruz	17%	16.01%	200.1 gr
Total >	100%	94.20%	1250 gr

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Componentes de las muestras en gr. con 2% de dióxido

CALCULO DE LOS PESOS DE LOS COMPONENTES EN GRAMOS			
Pen 60/70	5.8 %	---	72.5 gr
Piedra 1/2	38%	35.8%	447.5 gr
Arena chancada Sojo (cantera H&G)	35%	32.97%	412.1 gr
Arena Cerro Mocho	10%	9.42%	117.8 gr
Arena Santa cruz	15%	14.13%	176.63 gr
Dióxido de Titanio	2%	1.88%	23.5 gr
Total >	100%	94.20%	1250 gr

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Componentes de las muestras en gr. con 4% de dióxido

CALCULO DE LOS PESOS DE LOS COMPONENTES EN GRAMOS			
Pen 60/70	5.8 %	---	72.5 gr
Piedra 1/2	38%	35.8%	447.5 gr
Arena chancada Sojo (cantera H&G)	35%	32.97%	412.1 gr
Arena Cerro Mocho	10%	9.42%	117.8 gr
Arena Santa cruz	13%	12.246%	153.08 gr
Dióxido de Titanio	4%	3.768%	47.1 gr
Total >	100%	94.20%	1250 gr

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Componentes de las muestras en gr. con 8% de dióxido

CALCULO DE LOS PESOS DE LOS COMPONENTES EN GRAMOS			
Pen 60/70	5.8 %	---	72.5 gr
Piedra 1/2	38%	35.8%	447.5 gr
Arena chancada Sojo (cantera H&G)	35%	32.97%	412.1 gr
Arena Cerro Mocho	10%	9.42%	117.8 gr
Arena Santa cruz	9%	8.48%	106.0 gr
Dióxido de Titanio	8%	7.54%	94.20 gr
Total >	100%	94.20%	1250 gr

Fuente: Elaboración propia

Las muestras tendrán un peso de 1250 gr como se muestra en las tablas anteriores.

Peso Pen 60-70 + Peso Combinación de agregados + Peso Dióxido de titanio = 1250 gr

Paso 6: Se pesan los agregados y se combinan de acuerdo con los porcentajes determinados en la granulometría, y peso en gramos calculado.

Paso 7: Fabricación de Muestras (**ASTM D 6926**)

Se calientan los agregados en horno a una temperatura entre 140°C y 150°C. junto con ellos los moldes que se calientan entre 95°C y 130°C. Al mismo tiempo se calienta el Pen 60/70 a la misma temperatura que los agregados.

Paso 8: Mezcla de los agregados y Pen 60/70. Para la mezcla se mantendrán los insumos a la temperatura establecida entre 140 y 150°C.

Paso 9: Mezcla del asfalto y dióxido de titanio. Para la mezcla se mantendrán los insumos a la temperatura establecida entre 140 y 150°C.

Paso 10: Preparación de las muestras, se compactaron las probetas aplicando 75 golpes por cada cara en un tiempo máximo de 1.30 min(90seg), y se enfriaron a temperatura ambiente por 2 horas, transcurrido este tiempo se desmoldaron.

Paso 11: Porcentaje de vacíos.

Para este ensayo se utilizaron las muestras con numeración 4,5 y 6 de los grupos con 2%, 4% y 8% de dióxido de titanio, las muestras patrón fueron analizadas en el diseño de mezcla convencional.

Se determina el peso de las muestras secas al aire.

Tabla 12. Peso de las muestras secas al aire

PESO DE LAS MUESTRAS SECAS AL AIRE			
PORCENTAJE	MUESTRA N°4	MUESTRA N°5	MUESTRA N°6
2%	1239.8	1246.9	1244.2
4%	1241.6	1245.9	1240.8
8%	1236.4	1234.6	1239.8

Fuente: Elaboración Propia

Se introducen las probetas en agua durante 15 minutos a una temperatura de 25°C y se pesan las probetas en agua.

Tabla 13. Peso de las muestras en agua

PESO DE LAS MUESTRAS EN AGUA			
PORCENTAJE	MUESTRA N°4	MUESTRA N°5	MUESTRA N°6
2%	725.5	727.1	724.0
4%	730.2	734.5	730.8
8%	735.2	737.2	738.1

Fuente: Elaboración Propia

Se determina el peso al aire de las muestras saturadas.

Tabla 14. Peso de las muestras saturadas al aire

PESO DE MUESTRAS SATURADAS AL AIRE			
PORCENTAJE	MUESTRA N°4	MUESTRA N°5	MUESTRA N°6
2%	1240.4	1247.4	1245.1
4%	1242.7	1246.6	1241.5
8%	1237.5	1235.3	1240.8

Fuente: Elaboración Propia

Paso 10: Ensayo de estabilidad y flujo Marshall (**MTC E 504**)

Se calienta el agua hasta alcanzar una temperatura de 60°C y se sumergen las muestras durante 30 minutos con una diferencia de 2 min cada una para dar tiempo a la rotura de las probetas y que todas las probetas permanezcan el mismo tiempo en el agua. Se extraen las muestras una por una y se someten al ensayo de estabilidad y flujo.

Paso 11: Análisis de las propiedades fotocatalíticas mediante el método colorimétrico de la degradación de rodamina B. Norma (UNI) 11259:2008.

Se realizó según los procedimientos especificados por el Organismo de Unificación Nacional Italiana (UNI)11259:2008 (determinación de la actividad fotocatalítica – método de ensayo Rodamina). Con excepción de que las muestras no fueron sometidas a rayos UV artificiales y constantes, si no a rayos Uv naturales utilizando como fuente el sol con la finalidad de hacer más real la prueba y se tomaron en cuenta solo las horas en que las probetas permanecieron expuestas al Sol registrando datos mediante un colorímetro en un tiempo de (t=0), (t=4h) y (t=26h) como exige la norma. Para este ensayo se utilizaron las muestras con numeración 1, 2 y 3 de los grupos 2%, 4%, 8% y patrón.

3.6. Método de análisis de datos:

Los resultados de este estudio se lograron recolectando datos obtenidos a través de ensayos de laboratorio estandarizados por normas que rigen el diseño de las mezclas asfálticas, y datos obtenidos a través de la observación.

Una vez obtenidos los datos fueron procesados mediante hojas de cálculo Excel, con los resultados de estas hojas de cálculo se procedió a realizar las conclusiones, recomendaciones y discusión de resultados en base a las muestras elegidas en esta investigación.

3.7. Aspectos éticos:

El investigador ha realizado esta investigación siguiendo rigurosamente el código de ética de la Universidad Cesar Vallejo, comprometiéndose a respetar la autoría de otros investigadores, el investigador asegura que, durante la realización de esta investigación ha seguido los valores de integridad, honestidad intelectual, objetividad, imparcialidad, veracidad, justicia, responsabilidad transparencia. El investigador ha citado y referenciado debidamente la fuente de ideas obtenidas de otros autores. En esta investigación se plasmaron datos originales de ensayos realizados en laboratorio de forma exacta, completa y sin modificaciones.

IV.- Resultados

✓ **RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA TESIS**

1. RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONADA CON DIÓXIDO DE TITANIO, PIURA, 2022.

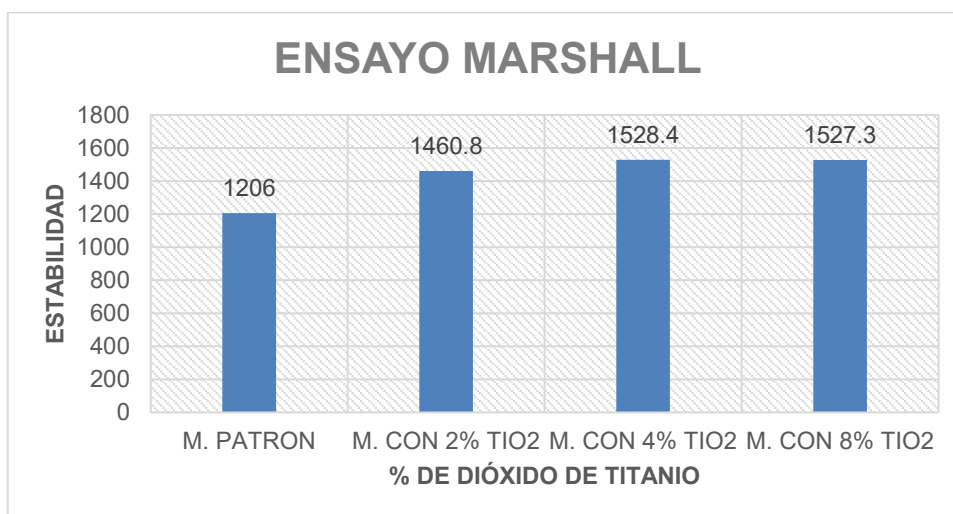
Tabla 15. Resultados del promedio de la estabilidad Marshall (resistencia a la deformación) de las muestras ensayadas con 0%, 2%, 4%, 8%.

RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONADA CON DIÓXIDO DE TITANIO.				
MUESTRA	Resultados promedio Resistencia a la deformación (Estabilidad)	Especificaciones Man-EG 2013		Resultados
		min.	máx.	
Muestra Patrón 0%	1206	815 kg min		CUMPLE
Muestra 2% dióxido de titanio	1460.8			CUMPLE
Muestra 4% dióxido de titanio	1528.4			CUMPLE
Muestra 8% dióxido de titanio	1527.3			CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 15 se muestran los resultados de resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica adicionada con dióxido de titanio en proporciones de 0%, 2%, 4%, 8%, Piura, 2022, de acuerdo al ensayo Marshall establecido en la norma E 504 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la norma ASSTM- 1559 y las especificaciones técnicas establecidas en el manual de carreteras EG 2013. Se puede observar el cumplimiento absoluto del primer objetivo específico de la investigación.

Figura 18. Gráfico, estabilidad vs % Dióxido de titanio



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°18 se observa que las muestras con 2%, 4%, 8% de Dióxido de Titanio aumentan su estabilidad Marshall en comparación con la mezcla patrón, demostrando que el dióxido de titanio aumenta la resistencia a la deformación ante cargas, se observa que a partir de 8 % la estabilidad empieza a descender, pero aun así se mantiene dentro de los límites establecidos por la norma que indica que 815 kg es la estabilidad mínima. Las muestras con 2% de dióxido de titanio aumentan su resistencia en 21.12%, con 4% aumenta en un 26.74%, con 8% aumentan en 26.64% en comparación con la muestra patrón.

2. CAPACIDAD DE DEGRADACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON DIÓXIDO DE TITANIO, PIURA, 2022.

En la tabla N°16 se presenta el resumen de los resultados de la degradación de rodamina B, promedio de R4 Y R26 de las muestras analizadas, los resultados completos se muestran en las tablas N°52, N°53, N°54 y N°55.

Tabla 16. Resumen de resultados de degradación de Rodamina B, promedio de R4 Y R26 de las muestras patrón, 2%, 4% y 8% de dióxido de titanio

RESULTADOS DE LA DEGRADACIÓN DE RODAMINA B (UNI 11259)					
DIOXIDO DE TITANIO %	RESULTADOS		ESPECIFICACIONES	Resultados	
	PROMEDIO	PROMEDIO	UNI 11259	R4	R26
	R4	R26	min		
Muestra Patrón sin Dióxido de Titanio	3.37	6.47	R4>20%	x	x
Muestra 2% de Dióxido de Titanio	4.42	12.18		x	x
Muestra 4% de Dióxido de Titanio	5.00	13.90	R26>50%	x	x
Muestra 8% de Dióxido de Titanio	11.76	28.49		x	x

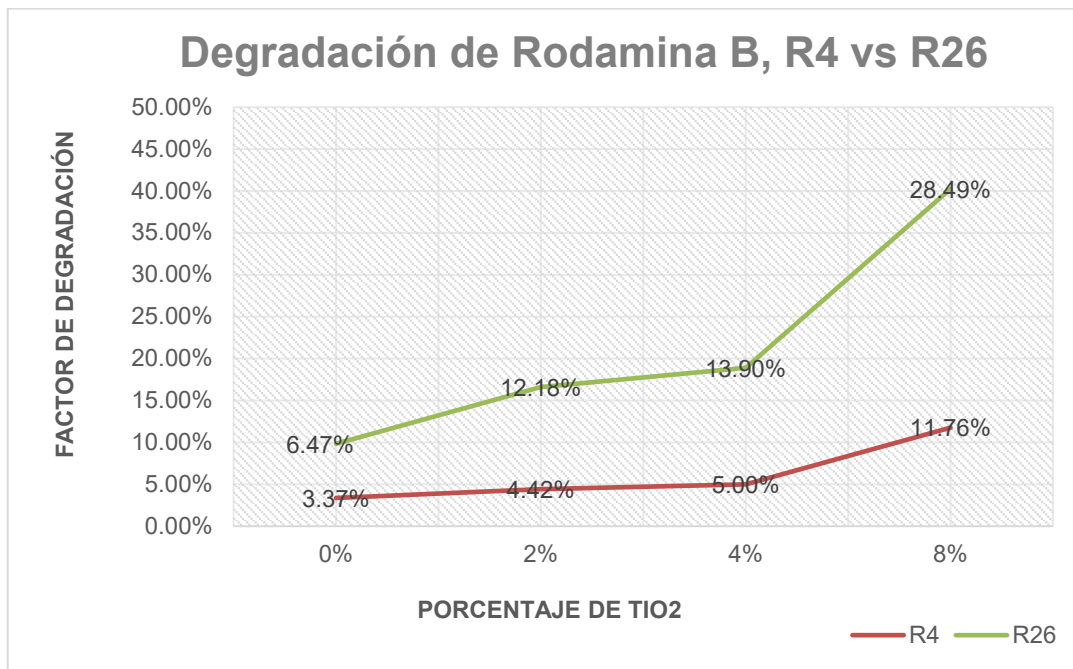
Fuente: Elaboración Propia

Donde: Según Formula.

R4= Degradación de rodamina B a las 4 horas de exposición a los rayos uv.

R26= Degradación de rodamina B a las 26 horas de exposición a los rayos uv.

Figura 19. Gráfico, R4 vs R26



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°19, se muestra una comparación gráfica de R4 Y R26 del promedio de las muestras que contienen 0%, 2%, 4% y 8%, se observa que la muestra con 0% de dióxido de titanio (TiO₂) arrojan una degradación de rodamina B de 3.37% para R4 y 6.47% para R26 siendo inferior a las muestras adicionadas con TiO₂, para la adición de 2% de dióxido de titanio los resultados fueron de 4.42% para R4 y 12.18 para R26, para la adición de 4% se obtuvieron resultados de 5.00% para R4 y 13.90% para R26, las muestras que mejores resultados presentaron en R4 Y R26 del ensayo de rodamina B fueron las adicionadas con 8 % TiO₂, para R4 con 8% de dióxido de titanio se obtuvo un porcentaje de 11.76%, por debajo de la norma que establece que el % mínimo para R4 es de 20%, para R26 con 8% de dióxido de titanio arrojó una degradación de 28.49 por debajo de la norma que establece que para R26 el mínimo es de 50%.

3. LA DOSIFICACIÓN ADECUADA DE DIÓXIDO DE TITANIO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA, PIURA, 2022.

En las siguientes tablas se muestra el resumen del ensayo Marshall realizado a las muestras con porcentajes de 0%, 2%, 4% y 8%, para determinar qué porcentaje mejora todas las propiedades mecánicas del asfalto, cumpliendo con las especificaciones técnica establecidas en la norma.

Resultados del ensayo marshal aplicado a las muestras patrón:

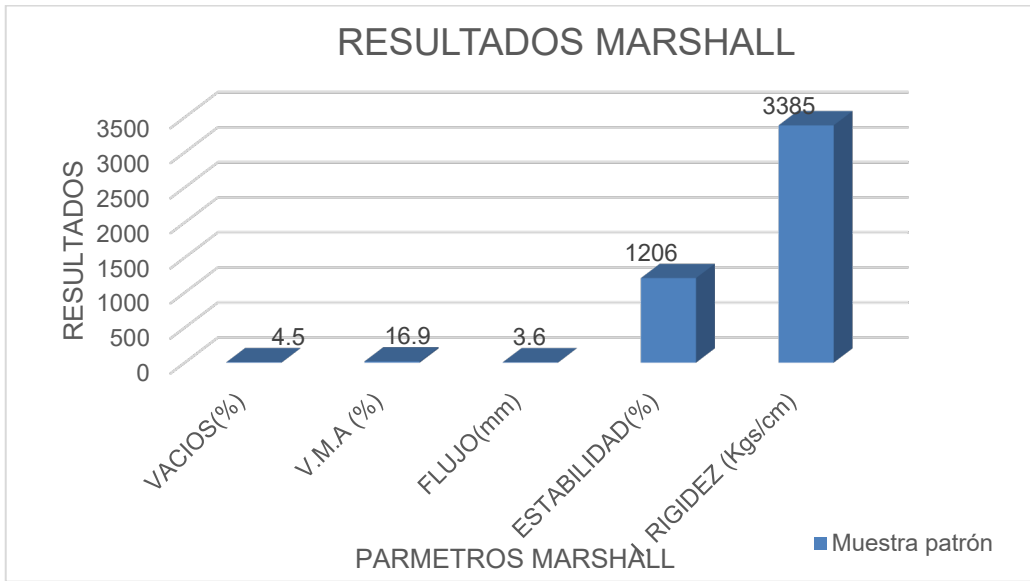
Tabla 17. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, mezcla patrón

RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MAC-2, MEZCLA PATRÓN.				
Especificaciones Marshall	Resultados	Especificaciones		Resultados
		Man EG 2013		
		min.	máx.	
Optimo contenido de c.a.	5.8	-	-	
Peso unitario (grs/cc)	2.334	-	-	
Vacios (%)	4.5	3	5	Cumple
V.M.A (%)	16.9	14	-	Cumple
V.F.A (%)	73.7	-	-	
Flujo (mm)	3.6	2	4	Cumple
Estabilidad (kgs)	1206	815		Cumple
Índice de rigidez (kgs/cm)	3385	1700	4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°17 se muestran los resultados del ensayo Marshall aplicado a la mezcla asfáltica convencional, se realizó este ensayo con la finalidad de obtener muestras patrón que cumplan con los parámetros establecidos en Manual de Carretas EG 2013, para poder comparar las propiedades mecánicas de la muestra patrón con las propiedades mecánicas de las muestras modificadas con Dióxido de Titanio en porcentajes de 2%, 4%, 8% y determinar que dosificación mejora las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.

Figura 20. Gráfico, Marshall muestra patrón



Fuente: Elaboración Propia

La figura N°20 corresponde a los resultados obtenidos en la muestra patrón, este gráfico será comparado con los gráficos resultantes de las muestras que contienen dióxido de titanio en 2%, 4%, 8%.

Resultados del ensayo marshal aplicado a las muestras con 2% de Tio2:

Tabla 18. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 2% Dióxido de Titanio

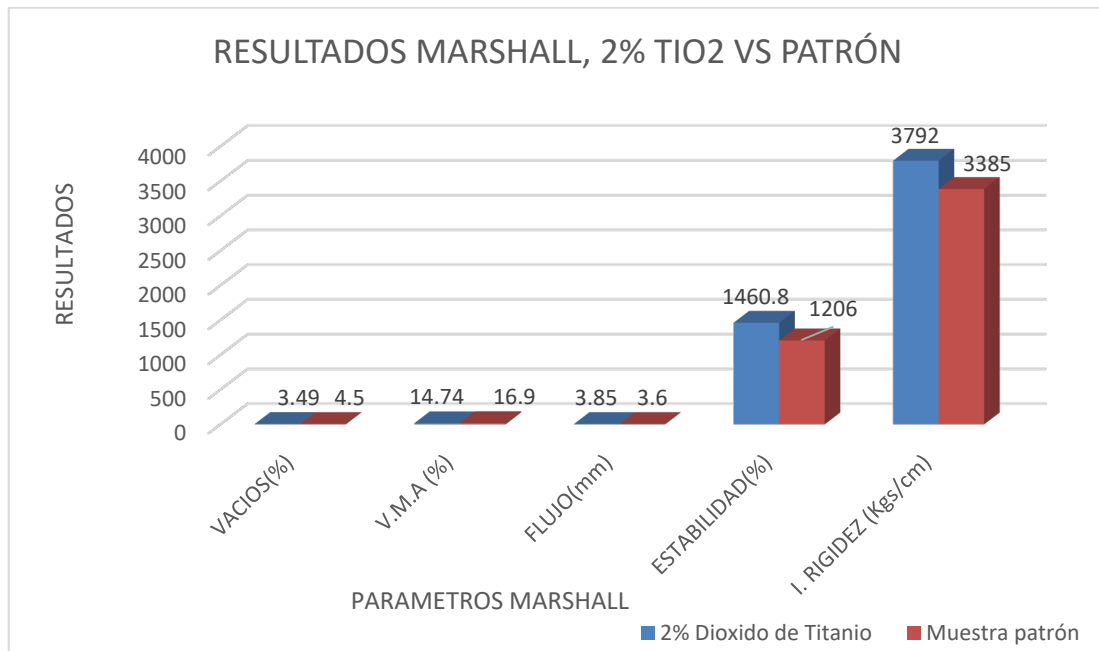
RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MAC-2, 2% DIÓXIDO DE TITANIO.				
Especificaciones Marshall	Resultados	Especificaciones		Resultados
		Man EG 2013		
		min.	máx.	
Optimo contenido de c.a.	5.8	-	-	
Peso unitario (grs/cc)	2.397	-	-	
Vacios (%)	3.49	3	5	Cumple
V.M.A (%)	14.74	14	-	Cumple
V.F.A (%)	76.36	-	-	
Flujo (mm)	3.85	2	4	Cumple
Estabilidad (kgs)	1460.8	815	-	Cumple
Índice de rigidez (kgs/cm)	3792	1700	4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°18 se muestran los resultados del ensayo Marshall aplicado a la mezcla asfáltica modificada con 2% de Dióxido de Titanio, estos resultados se

comparan con una muestra patrón en un gráfico de barras para determinar si efectivamente sus propiedades mecánicas mejoran en relación a la mezcla patrón y a las especificaciones técnicas establecidas en Manual de Carretas EG 2013.

Figura 21. Gráfico, 2% Tio2 Vs Muestra patrón



Fuente: Elaboración Propia

En la comparación que se muestra en la figura N°21, se observa que, el % de vacíos de la mezcla modificada con 2% de dióxido de titanio disminuye en 22.4% respecto al patrón, pero manteniéndose dentro del % de vacíos establecido por el Manual de Carreteras EG 2013 que es de 3% a 5%. Para el V.M.A se observa una disminución de 12.78% respecto a la muestra patrón, manteniéndose dentro del mínimo establecido por dicha norma que es 14%. Para el Flujo se registra un aumento de 6.49% respecto al patrón, manteniéndose dentro del rango establecido por la norma de 2mm a 4mm. Para la estabilidad se aprecia una mejora de 17.44% respecto al patrón, superando la estabilidad mínima establecida por la norma 815 Kgs. En cuanto al Índice de Rigidez se aprecia un aumento de 10.73% respecto al patrón, manteniéndose dentro del rango de 1700 y 4000 kg/cm establecidos por la norma.

En la comparación que se muestra en la figura N°22, se observa que el % de vacíos de la mezcla modificada con 4% de dióxido de titanio disminuye en 50.22% respecto al patrón, quedando por debajo del % de vacíos mínimo establecido por el Manual de Carreteras EG 2013 que es de 3%. Para el V.M.A se observa una disminución de 19.29% respecto a la muestra patrón, quedando por debajo del mínimo establecido por dicha norma que es 14%. Para el flujo se registra un aumento de 14.49% respecto al patrón, superando el rango establecido por la norma que es de 2 a 4mm. Para la estabilidad se aprecia una mejora de 21.09% respecto al patrón, superando la estabilidad mínima establecida por la norma 815 Kgs. En cuanto al Índice de rigidez se aprecia un aumento de 6.72% respecto al patrón, manteniéndose dentro del rango de 1700 y 4000 kg/cm establecidos por la norma.

Resultados del ensayo marshal aplicado a las muestras con 8% de Tio2:

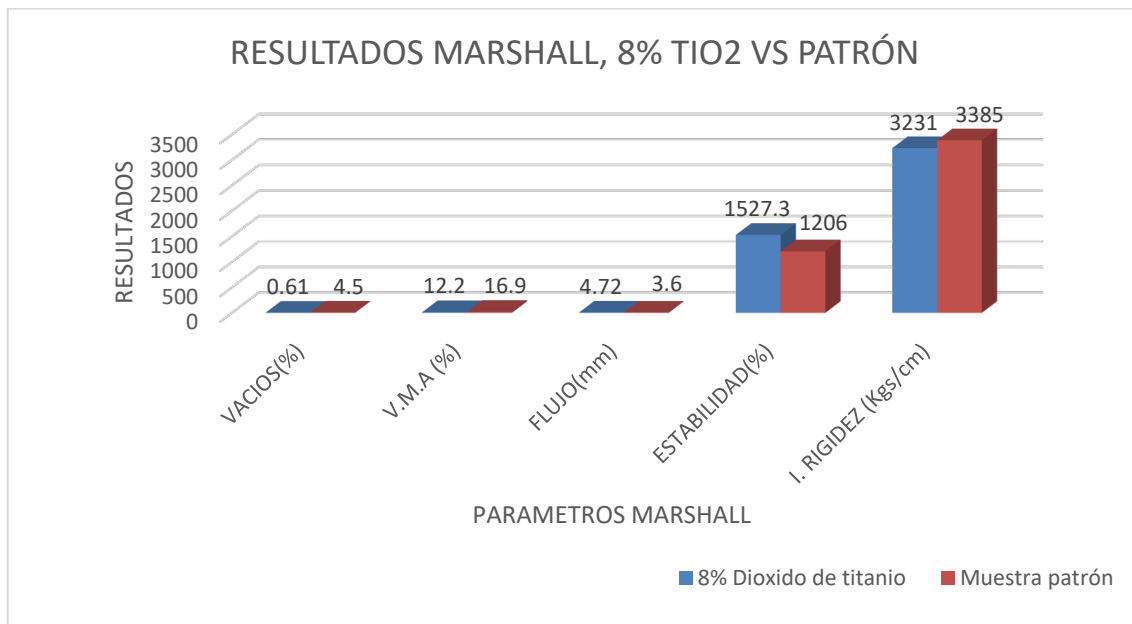
Tabla 20. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 8% dióxido de titanio

RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MAC-2, 8% DIÓXIDO DE TITANIO.				
Especificaciones Marshall	Resultados	Especificaciones		Resultados
		Man EG 2013		
		min.	máx.	
OPTIMO CONTENIDO DE C.A.	5.8	-	-	-
PESO UNITARIO (grs/cc)	2.469	-	-	-
VACÍOS (%)	0.61	3	5	NO Cumple
V.M.A. (%)	12.20	14	-	NO Cumple
VFA (%)	95.03	-	-	
FLUJO (mm)	4.72	2	4	NO Cumple
ESTABILIDAD (kgs)	1527.3	815	-	Cumple
INDICE DE RIGIDEZ (kgs/cm)	3231	1700	4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°20 se muestran los resultados del ensayo Marshall aplicado a la mezcla asfáltica modificada con 8% de Dióxido de Titanio, estos resultados se comparan con la muestra patrón.

Figura 23. Gráfico, 8% Tio2 Vs Muestra patrón



Fuente: Elaboración Propia

En la comparación que se muestra en la figura N°23, se observa que el % de vacíos de la mezcla modificada con 8% de dióxido de titanio disminuye en 86.44% respecto al patrón, quedando por debajo del % de vacíos mínimo establecido por el Manual de Carreteras EG 2013 que es de 3%. Para el V.M.A se observa una disminución de 27.81% respecto a la muestra patrón, quedando por debajo del mínimo establecido por dicha norma que es 14%. Para el flujo se registra un aumento de 23.73% respecto al patrón, superando el rango establecido por la norma que es de 2 a 4mm. Para la estabilidad se aprecia una mejora de 21.04% respecto al patrón, superando la estabilidad mínima establecida por la norma 815 Kgs. En cuanto al Índice de rigidez se aprecia una disminución de 4.55% respecto al patrón, manteniéndose dentro del rango de 1700 y 4000 kg/cm establecidos por la norma.

✓ RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS

Selección de los agregados empleados:

Se emplearon 4 tipos de agregado; agregado grueso y 3 tipos de agregado fino para poder cumplir con las especificaciones técnicas de las normas MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88. Se empleo arena chancada de Sojo, arena de Rio Santa cruz, arena zarandeada de Cerro Mocho, piedra chancada de Sojo, los agregados para el estudio fueron proporcionados por la cantera H & G. Ubicada en la Región Piura, provincia Sullana, centro poblado Sojo.

Combinación de agregado mezcla asfáltica en caliente diseño (ASTM D-3515):

Tabla 21. Combinación teórica de agregados para mezclas asfálticas en Caliente diseño (ASTM D-3515)

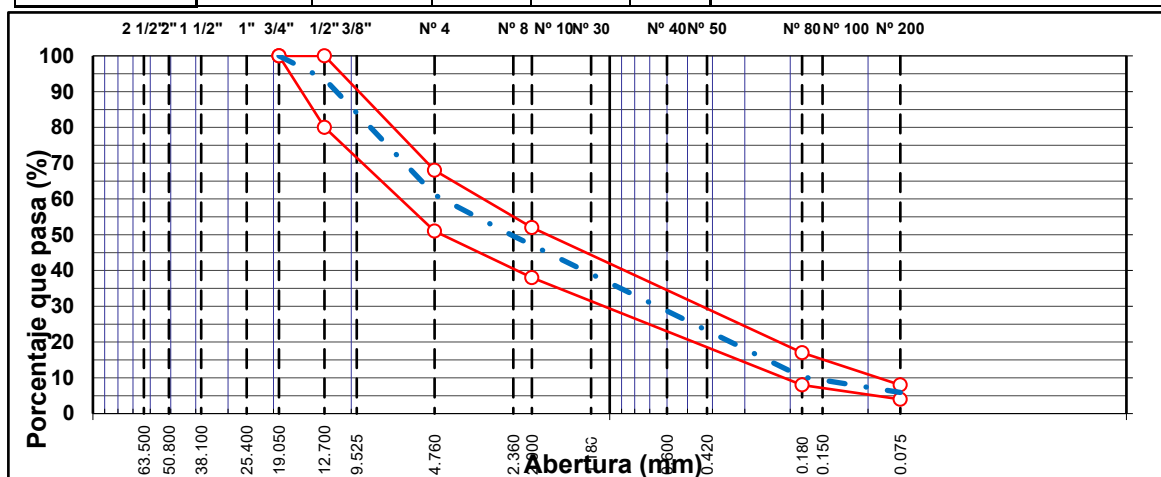
COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DISEÑO ASTM D-3515							
Tamices y aberturas (mm)		Fajas por agregados a intervenir					Mezcla de Agregados Para Asfalto
		Grava 1/2"	Arena Chancada	Arena	Arena	Filler	Comb. Teórica
		H&G	H&G	Cerro Mocho	Santa Cruz		
		38.0%	35.0%	10.0%	17.0%		
3/4"	19.05	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	
1/2"	12.70	75.3	100.0	100.0	100.0	100.00	90.6
3/8"	9.50	41.8	99.8	99.8	99.6	100.00	77.7
# 4	4.76	3.0	95.6	97.9	96.5	100.00	60.8
# 10	2.00	1.3	62.8	80.8	88.9	100.00	45.7
# 40	0.43	0.0	31.2	25.0	58.1	100.00	23.3
# 80	0.18	0.0	20.2	9.6	8.2	100.00	9.4
# 200	0.075	0.0	13.4	9.0	2.4	100.00	6.0

Fuente: Elaboración Propia

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tabla 22. Análisis granulométrico por tamizado

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO										
TAMI Z	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	MMA C-2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 5,000.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 4704.8 gr			
2"	50.800						PESO FINO = 517.8 gr			
1 1/2"	38.100						LÍMITE LÍQUIDO = N.P.%			
1"	25.400						LÍMITE PLÁSTICO = N.P.%			
3/4"	19.050				100.0	100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P.%			
1/2"	12.700	324.0	6.5	6.5	93.5	80 - 100	CLASF. AASHTO = A-1			
3/8"	9.525	618.8	12.4	18.9	81.1	70 - 88	CLASF. SUCCS=N/D			
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200	P.S.Se co.	P.S.Lav ado	% 200
# 4	4.760	999.7	20.0	38.9	61.2	51 - 68		500.0	492.2	1.56
# 8	2.360	97.3	11.5	50.3	49.7		% Grava = 38.9 %			
# 10	2.000	20.3	2.4	52.7	47.3	38 - 52	% Arena = 55.2 %			
# 16	1.180	57.0	6.7	59.5	40.5		% Fino = 5.9 %			
# 30	0.600	82.2	9.7	69.2	30.8		%HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	%Hume dad
# 40	0.420	46.5	5.5	74.7	25.3	17 - 28		525.5	517.8	1.49%
# 80	0.180	127.7	15.1	89.8	10.3	8 - 17	OBSERVACIONES 38.0 %			
# 100	0.150	8.9	1.1	90.8	9.2		38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G)			
# 200	0.075	27.9	3.3	94.1	5.9	4 - 8	35 % Arena Chancada (Cantera H&G)			
< # 200	FONDO	50.0	5.9	100.0			10 % Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho)			
FRACCIÓN		517.8					17 % Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz)			
TOTAL		5,000.0								



Fuente: Elaboración Propia

Resultados del análisis granulométrico de acuerdo al diseño MAC-2.

Tabla 23. Resultados del Análisis granulométrico por tamizado MAC-2

RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MAC-2					
Tamices	Aberturas (mm)	Combinación teórica del ensayo	Especificaciones		Resultados
			MAC -2		
			min.	máx.	
3/4"	19.50	100.00	23	100	Cumple
1/2"	12.70	93.5	80	100	Cumple
3/8"	9.50	81.1	70	88	Cumple
# 4	4.76	61.2	51	68	Cumple
# 10	2.00	47.3	38	52	Cumple
# 40	0.43	25.3	17	28	Cumple
# 80	0.18	10.3	8	17	Cumple
# 200	0.075	5.9	4	8	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

Se determina mediante el analisis granulometrico realizado que la combinacion fisica de agregados cumple con las especificaciones del Manual de Carreteras EG 2013.

ENSAYOS DE LABORATORIO AGREGADO GRUESO:

PÉRDIDA EN SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016.1999)

Tabla 24. Perdida de sulfato de magnesio agregado grueso (NTP 400.016.1999)

PERDIDA DE SULFATO DE MAGNESIO AGREGADO GRUESO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	Nº de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	1 1/2"		5000±300							
1 1/2"	3/4"		5000±50							
3/4"	3/8"	54.1	670±10	670.00		645.23	24.8	3.70	2.00	
3/8"	Nº 4	17.0	300±5	302.00		291.24	10.8	3.56	0.61	
TOTALES		71.1		972.0		936.5			2.61	
OBSERVACIONES:		Solución: Sulfato de Magnesio En la evaluación visual de las partículas después de culminar el ensayo, no se evidenciaron partículas rajadas, desmoronadas, fracturadas ni astilladas.								

Fuente: Elaboración Propia

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES (NTP 400.019.2002)

Tabla 25. Abrasión de los ángeles (NTP 400.019.2002)

ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES) NTP 400.019: 2002				
Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"		2500.0		
1/2" - 3/8"		2500.0		
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total		5000.0		
(%) Retenido en la malla N° 12		4280.0		
(%) Que pasa en la malla N° 12		720.0		
N° de esferas		11		
Peso de las esferas (gr)		4584 ± 25		
% Desgaste		14.4%		

Fuente: Elaboración Propia

ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO (MTC E 2014: 2000)

Tabla 26. Índice de durabilidad del agregado grueso (MTC E 2014: 2000)

AGREGADO GRUESO						
MUESTRA: En Acopio de Cantera		IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 200)	mm					
Hora de entrada a saturación		13:14	13:18	13:22		
Hora de salida de saturación (mas 10")		13:24	13:28	13:32		
Hora de entrada a decantación		13:26	13:30	13:34		
Hora de salida de decantación (mas 20")		13:46	13:50	13:54		
Altura de sedimentación en pulg.	mm	0.46	0.44	0.44		
Índice de durabilidad	mm	86	87	87		86.50
						Esp.Tec. Min. 35%

Fuente: Elaboración Propia

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (NTP 400.040:1999)

Tabla 27. Partículas chatas y alargadas (NTP 400.040:1999)

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (NTP 400.040:1999)							
TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTICULAS	CHATAS y ALARGADAS		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.000						
1/2"	12.700	1720.0	22.96	820.0	9.2	1.12	0.26
3/8"	9.500	2540.0	33.91	470.0	18.5	3.94	1.33
4"	4.750	3230.0	43.12	170.2	15.8	9.28	4.00
PESO TOTAL DE LA MUESTRA:		7490.0	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)			5.6	

Fuente: Elaboración Propia

CARAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO (MTC E – 210 2000)

Tabla 28. Porcentaje de partículas con una cara fracturada (MTC E-210 2000)

PORCENTAJE DE PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA (MTC E-210 2000)							
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1200.0	1175.0	97.9	21.1	2061.1	
1/2"	3/8"	300.0	287.0	95.7	54.7	5228.2	
TOTAL		1500.0	1462.0		75.7	7289.3	96.3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29. Porcentaje de partículas con dos o más caras fracturadas (MTC E-210 2000)

PORCENTAJE DE PARTICULAS CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS (MTC E-210 2000)							
TAMANO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1200.0	1093.0	91.1	21.1	1917.3	
1/2"	3/8"	300.0	277.0	92.3	54.7	5046.0	
TOTAL		1500.0	1370.0		75.7	6963.3	92.0

Fuente: Elaboración Propia

SALES SOLUBLES (NTP 339.152: 2002)

Tabla 30. Contenido de sales solubles en el agregado grueso (NTP 339. 152: 2002)

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN EL AGREGADO GRUESO (NTP 339. 152: 2002)					
MUESTRA:	IDENTIFICACION				Promedio
ENSAYO N°	1	2	3	4	0.09%
(1) Peso muestra (gr)	104.20	123.20	111.40	120.20	
(2) Volumen aforo (ml)	500.20	504.20	505.60	500.90	
(3) Volumen alicuota (ml)	51.10	58.80	55.20	50.09	
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.01	0.01	0.01	0.01	
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0.132	0.070	0.082	0.083	

Fuente: Elaboración Propia

ABSORCIÓN (NTP 400.021: 2002)

Tabla 31. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400. 021: 2002)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400. 021: 2002)				
A	Peso material saturado superficialmente seco al aire (gr)	684.4	783.1	
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	432.6	492.2	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)	251.8	290.9	
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	679.2	777.1	
E	Volumen de masa = C- (A - D) (cm ³)	246.6	284.9	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.698	2.671	2.685
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.718	2.692	2.705
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.754	2.728	2.741
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.766	0.772	0.77%
OBSERVACIONES:				
AGREGADO GRUESO: 38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G)				

Fuente: Elaboración Propia

ADHERENCIA (MTC E 519: 2000)

Tabla 32. Adherencia agregado grueso (MTC E 519: 2000)

ADHERENCIA AGREGADO GRUESO (MTC E 519: 2000)			
MUESTRA STRIPING	IDENTIFICACIÓN		
	1	2	PROMEDIO
Recubrimiento	97%	97%	
Porcentaje especificado (%)	95%	95%	
Porcentaje de recubrimiento estimado	98%	98%	98%
Observaciones			
AGREGADO GRUESO: 38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G)			

Fuente: Elaboración Propia

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO GRUESO:

Tabla 33. Resumen de resultados de los ensayos realizados al agregado grueso y análisis según especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG 2013

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO GRUESO Y ANÁLISIS SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MANUAL DE CARRETERAS EG 2013				
Especificaciones	Resultados	Especificaciones		Resultados
		Man. EG 2013		
		min.	máx.	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	2.61		18% máx.	Cumple
Abrasión Los Angeles	14.4%		40% máx.	Cumple
Adherencia	98%	+95		Cumple
Índice de Durabilidad	86.50	35% mín.		Cumple
Partículas chatas y alargadas	56%		10% máx.	Cumple
Caras fracturadas	96.3/92	85/50		Cumple
Sales Solubles Totales	0.09%	0,5% máx.		Cumple
Absorción *	0.77%	1,0% máx.		Cumple

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°33 se muestra una evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados al agregado grueso, utilizando las especificaciones técnicas establecidas en el manual de carreteras EG 2013. Se observa que el agregado grueso cumple con todos los parámetros, por lo que se consideran aptos para ser empleados en la tesis.

ENSAYOS DE LABORATORIO AGREGADO FINO:

EQUIVALENTE DE ARENA (NTP 339. 146: 2000)

Tabla 34. Equivalente de arena agregado fino (NTP 339. 146: 2000)

EQUIVALENTE DE ARENA AGREGADO FINO (NTP 339. 146: 2000)				
MUESTRA	IDENTIFICACIÓN			
	1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	15:00	15:02	15:04	
Hora de salida de saturación (más 10')	15:10	15:12	15:14	
Hora de entrada a decantación	15:12	15:14	15:16	
Hora de salida de decantación (más 20')	15:32	15:34	15:36	
Altura máxima de material fino [pulg]	4.70	4.65	4.60	
Altura máxima de la arena [pulg]	3.30	3.30	3.30	
Equivalente de arena [%]	71	71	72	
Equivalente de arena promedio [%]	71.3			
Resultado equivalente de arena [%]	72			
Observaciones	El agregado fino está compuesto por: 35% de Arena Chancada (Cantera H&G), 10% Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho), 17% Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz)			

Fuente: Elaboración Propia

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO (MTC E 222: 2000)

Tabla 35. Angularidad del agregado fino (MTC E 222: 2000)

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO (MTC E 222: 2000)				
ENSAYO	Nº	1	2	ESPECIFICACIÓN
Peso del agregado fino	(w)	145.00	148.00	Mín.40
Volumen del cilindro	(v)	100.00	100.00	
Gravedad específica de agregado fino	G _{sb}	2.575	2.575	
Vacíos no compactados	%	43.7	42.5	
PROMEDIO	%	43.1		

Fuente: Elaboración Propia

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016:1999)

Tabla 36. Durabilidad al sulfato de magnesio agregado fino (NTP 400.016:1999)

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO AGREGADO FINO (NTP 400.016:1999)									
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	Nº de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%	
3/8"	Nº 04						0.0	0.0	0.00
Nº 04	Nº 08	19.2	100	100		88.50	11.5	11.5	2.21
Nº 08	Nº 16	18.0	100	100		86.12	13.9	13.9	2.50
Nº 16	Nº 30	15.5	100	100		87.96	12.0	12.0	1.87
Nº 30	Nº 50	16.1	100	100		86.15	13.9	13.9	2.23
Nº 50	Nº 100	10.4					0.0	0.0	0.00
< Nº 100		10.8					0.0	0.0	0.00
TOTALES		90.0		400.0		348.7			8.80

Fuente: Elaboración Propia

ADHESIVIDAD (RIEDEL WEBER) (MTC E 220 – 2000)

Tabla 37. Adhesividad (Riedel weber) (MTC E 220 – 2000)

ADHESIVIDAD (RIEDEL WEBER) (MTC E 220 – 2000)				
DENOMINACION			DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA			0	NULO
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	PARCIAL: 5 TOTAL: 10
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	NULO	
	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
M/1	9	PARCIAL		

Fuente: Elaboración Propia

ÍNDICE DE DURABILIDAD (MTC E 2014: 2000)

Tabla 38. Índice de durabilidad del agregado fino (MTC E 2014: 2000)

ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO (MTC E 2014: 2000)						
MUESTRA :	En Acopio de Cantera	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm					
Hora de entrada a saturación		12:38	12:41	12:44		
Hora de salida de saturación (mas 10")		12:48	12:51	12:54		
Hora de entrada a decantación		12:50	12:52	12:56		
Hora de salida de decantación (mas 20")		13:10	13:12	13:16		
Altura máxima de material fino	mm	4.40	4.30	4.30		
Altura máxima de la arena	mm	3.90	3.50	3.60		
Equivalente de Arena	%	89.0	82.0	84.0		85.0
						Esp.Tec. Min. 35%

Fuente: Elaboración Propia

INDICE DE PASTICIDAD MALLA N° 200 (MTC E 111: 1999)

Tabla 39. Limite liquido malla N° 200

LÍMITE LÍQUIDO			
N° TARRO	4	3	4
Tarro + suelo húmedo	50.45	54.33	52.55
Tarro + suelo seco	44.86	47.10	44.37
Agua	5.59	7.23	8.18
Peso del tarro	22.70	19.55	14.44
Peso del suelo seco	22.16	27.55	29.93
% de humedad	25.23	26.24	27.33
N° de golpes	29	24	18

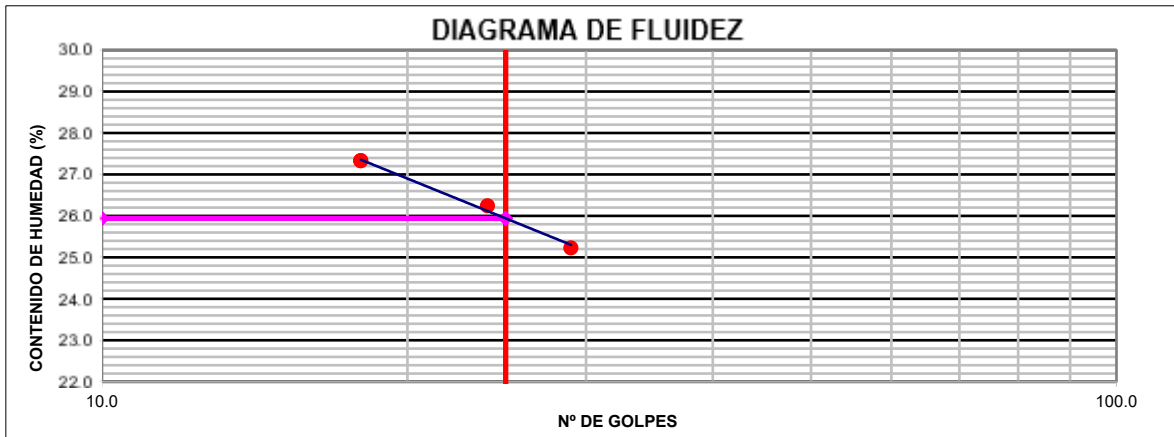
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40. Limite plástico malla N° 200

LÍMITE PLÁSTICO		
N° TARRO	13	12
Tarro + suelo húmedo	45.66	46.98
Tarro + suelo seco	40.72	41.88
Agua	4.94	5.10
Peso del tarro	19.88	20.66
Peso del suelo seco	20.84	21.22
% de humedad	23.70	24.03

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24. Diagrama de fluidez malla N°200



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41. Índice de plasticidad malla N° 200 (MTC E 111: 1999)

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	25.94
LÍMITE PLÁSTICO	23.87
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.07

Fuente: Elaboración Propia

SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339. 152: 2002)

Tabla 42. Contenido de sales solubles en el agregado fino (NTP 339. 152: 2002)

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN EL AGREGADO FINO (NTP 339. 152: 2002)					
MUESTRA:	IDENTIFICACION				Promedio
ENSAYO N°	1	2	3	4	0.135%
(1) Peso muestra (gr)	105.40	140.70	115.20	112.20	
(2) Volumen aforo (ml)	500.04	500.01	500.09	500.60	
(3) Volumen alicuota (ml)	50.40	58.80	55.70	50.01	
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.02	0.01	0.02	0.02	
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3)x(1))/(4)x(2)))$	0.188	0.060	0.156	0.178	

Fuente: Elaboración Propia

ABSORCION (NTP 400 022: 2002)

Tabla 43. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400 022: 2002)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400 022: 2002)				
A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	300.0	300.0	
B	Peso frasco + agua (gr)	669.5	670.0	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	969.5	970.0	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	854.9	854.19	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm ³)	114.6	115.8	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	298.8	298.7	
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm ³)	113.4	114.51	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.607	2.579	2.593
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.618	2.590	2.604
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.635	2.609	2.622
	% de absorción = $((A - F)/F) * 100$	0.402	0.435	0.42%

Fuente: Elaboración Propia

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO FINO:

Tabla 44. Resumen de resultados de los ensayos realizados al agregado fino y análisis según especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG 2013

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO FINO Y ANALISIS SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MANUAL DE CARRETERAS EG 2013.				
Especificaciones	Resultados	Especificaciones		Resultados
		Man. EG 2013		
		min.	máx.	
Equivalente de Arena	72	60		Cumple
Angularidad del agregado fino	43.1	30		Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.° 40)	NP	NP		Cumple
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	8.80	-		Cumple
Índice de Durabilidad	85	35		Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.° 200)	2.07%		4%	Cumple
Sales Solubles Totales	0.135%		0.5%	Cumple
Absorción* *	0.42%		0.5%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

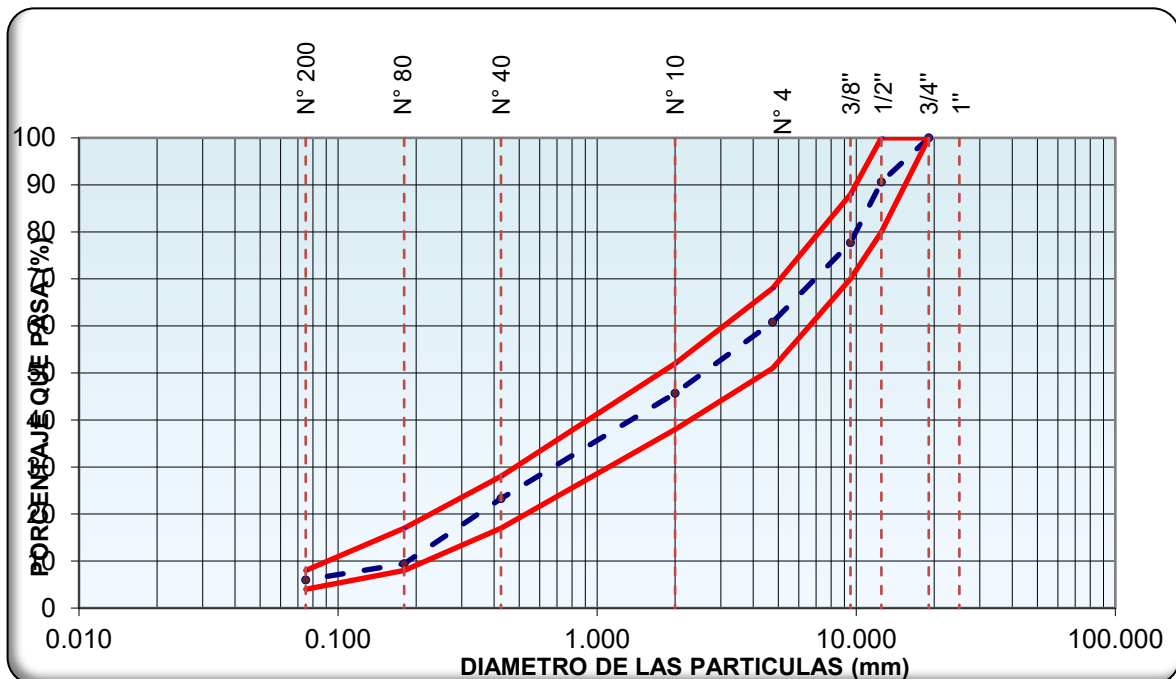
En la tabla N°44 se muestra una evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados al agregado fino, utilizando las especificaciones técnicas establecidas en el manual de carreteras EG 2013. Se observa que el agregado grueso cumple con todos los parámetros establecidos en esta norma, por lo que el agregado fino se considera apto para ser empleado en la tesis.

RESULTADOS DEL DISEÑO MARSHALL DISEÑO MAC – 2, D 1559.

COMBINACION DE AGREGADOS

Tabla 45. Combinación de agregados - materiales procesados

COMBINACION DE AGREGADOS - MATERIALES PROCESADOS							
Abertura a Malla	AASHTO T-27(mm)	Granulometría de los Agregados					% Combinado que pasa
		Agregado (trit-terc)	Agregado # 1 ARENA ZARANDEADA	Agregado # 3 Arena	Agregado # 4 GRAVA 3/4	Agregado # 5 FILLER	
		# 1 ARENA CHANCADA	Cerro Mocho	Sta Cruz			
1"	25.000						
3/4"	19.050				100.0		100.0
1/2"	12.500	100.0	100.0	100.0	75.3		90.6
3/8"	9.500	99.8	99.8	99.6	41.8		77.7
N° 4	4.750	95.6	97.9	96.5	3.0		60.8
N° 10	2.000	62.8	80.8	88.9	1.3	100.0	45.7
N° 40	0.425	31.2	25.0	58.1	0.0	100.0	23.3
N° 80	0.180	20.2	9.6	8.2	0.0	100.0	9.4
N° 200	0.075	13.4	9.0	2.4	0.0	100.0	6.0



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46. Combinación de agregados

COMBINACION				
ARENA	%	GRAVA	%	TOTAL
# 1 Arena Chancada	35.00	# 3 arena SANTA CRUZ	17.00	
# 1 (Arena Zarandeada)	10.00	# 4 Grava Trit. 3/4"	38.00	
Sub Total	45.00		55.00	100.00

Fuente: Elaboración Propia

En los ensayos anteriores se determinó que los agregados cumplen con las especificaciones técnicas del manual de carreteras EG 2013, finalmente se realiza la mezcla de agregados que cumplió con la gradación MAC-2.

ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559

Teniendo la proporción adecuada de agregados, se calcula el porcentaje de asfáltico óptimo, siguiendo el procedimiento de las normas ASTM D 1559 Y LA norma MTC E 504 para en ensayo Marshall.

Los contenidos que se emplearon para determinar el porcentaje ideal fueron 5.00%, 5.50%, 6.00%, 6.50% y 7.00%), en la tabla N° 47 se presenta un resumen de los parámetros Marshall obtenidos.

Tabla 47. Cuadro de resumen de los Parámetros Marshall

CUADRO DE RESUMEN DE LOS PARÁMETROS MARSHALL							
PEN 60 -70 %	PESO UNITARIO (grs/cc)	VACÍOS (%)	V.M.A. (%)	VFA (%)	FLUJO (mm)	ESTABILIDAD (kgs)	INDICE DE RIGIDEZ (kgs/cm)
5.00	2.310	7.6	17.1	55.6	3.13	1059	3391
5.50	2.332	5.2	16.8	68.8	3.43	1078	3153
6.00	2.353	4.3	16.5	73.8	3.68	1338	3636
6.50	2.359	3.7	16.7	77.6	4.15	1437	3462
7.00	2.365	3.3	16.9	80.5	3.5	1055	2991

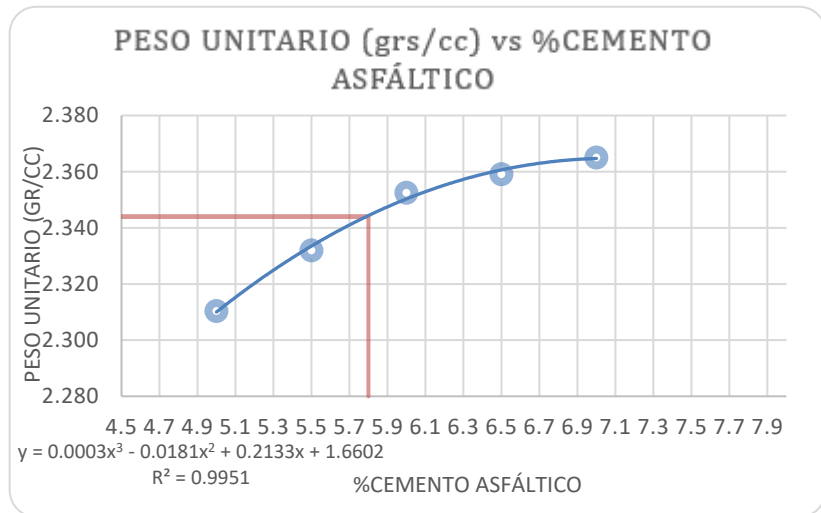
Fuente: Elaboración Propia

Con los datos declarados en la tabla número 47 se procede a realizar las gráficas que nos permitirán determinar el porcentaje óptimo de asfalto a emplear.

GRÁFICOS DEL ENSAYO MARSHALL

Figura 25. Gráfico, Peso Unitario (grs/cc) vs %Cemento

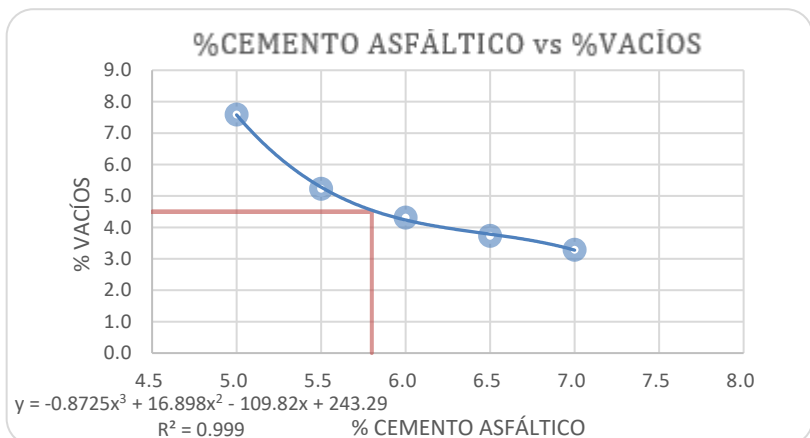
% ASFALTO	P.U grs/cc
5.0	2.310
5.5	2.332
6.0	2.353
6.5	2.359
7.0	2.365
%CEMENTO ASFÁLTICO	
5.8	
PESO UNITARIO	
2.344(gr/cc)	



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26. Gráfico, %Cemento asfáltico vs %Vacíos

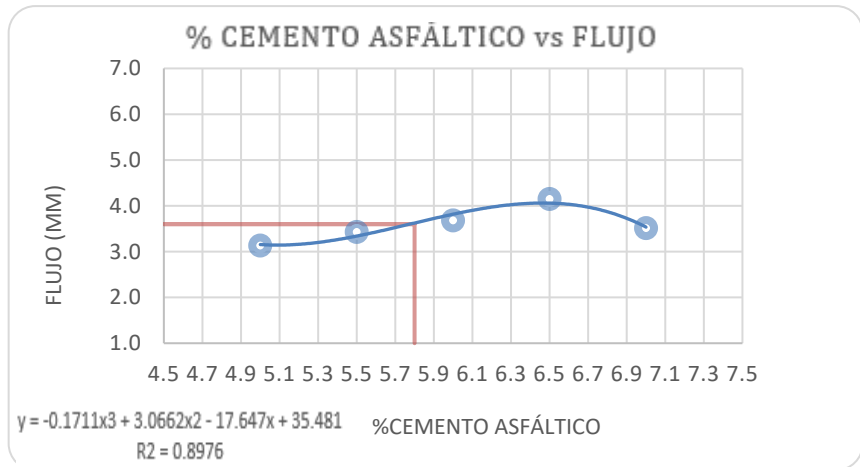
ASFALTO (%)	VACÍOS (%)
5.0	7.6
5.5	5.2
6.0	4.3
6.5	3.7
7.0	3.3
%PORCENTAJE DE VACÍOS	
4.5	



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27. Gráfico, % Cemento asfáltico vs Flujo

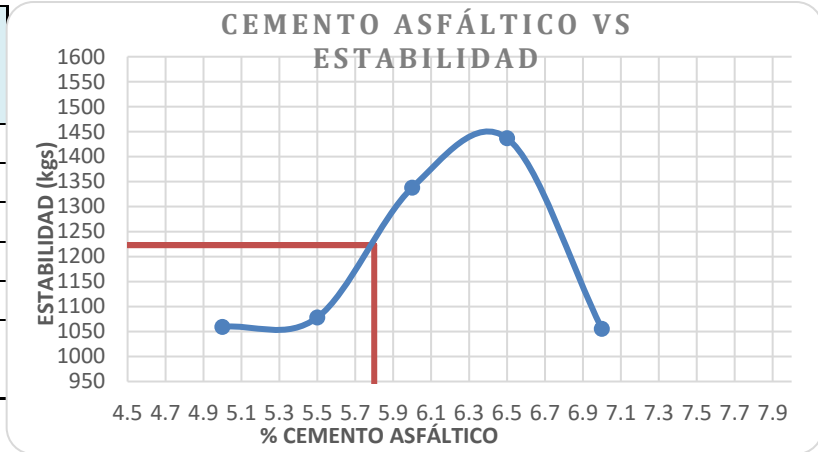
ASFALTO (%)	FLUJO (mm)
5.0	3.1
5.5	3.4
6.0	3.7
6.5	4.1
7.0	3.5
%FLUJO	
3.6	



Fuente: Elaboración Propia

Figura 28. Gráfico, % Cemento asfáltico vs Estabilidad

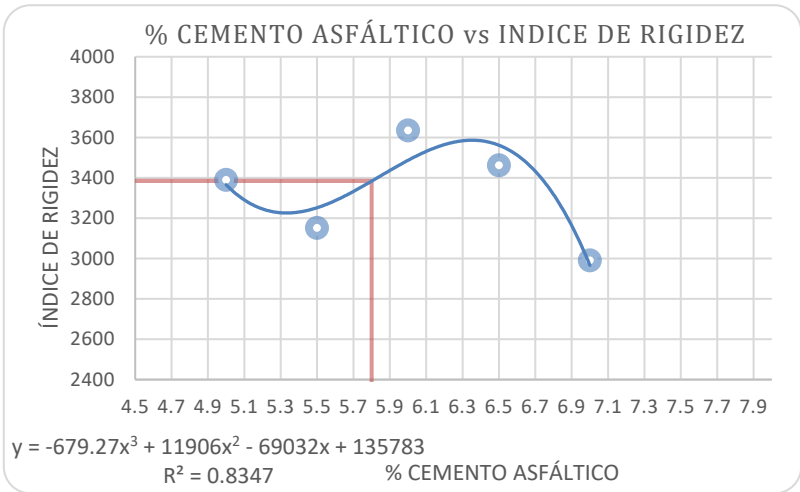
ASFALTO (%)	ESTABILIDAD (kgs)
5.0	1059.4
5.5	1078.1
6.0	1337.9
6.5	1436.9
7.0	1055.5
ESTABILIDAD (kgs)	
1223	



Fuente: Elaboración Propia

Figura 29. Gráfico, % Cemento asfáltico vs Índice de Rigidez

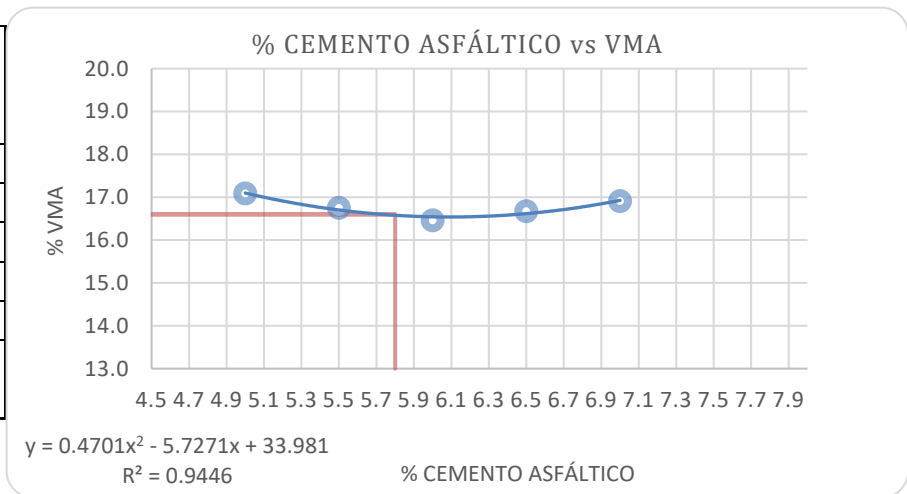
ASFALTO (%)	INDICE DE RIGIDEZ (kgs/cm)
5.0	3390.6
5.5	3152.5
6.0	3635.8
6.5	3462.3
7.0	2991.3
INDICE DE RIGIDEZ (kgs/cm)	
3385	



Fuente: Elaboración Propia

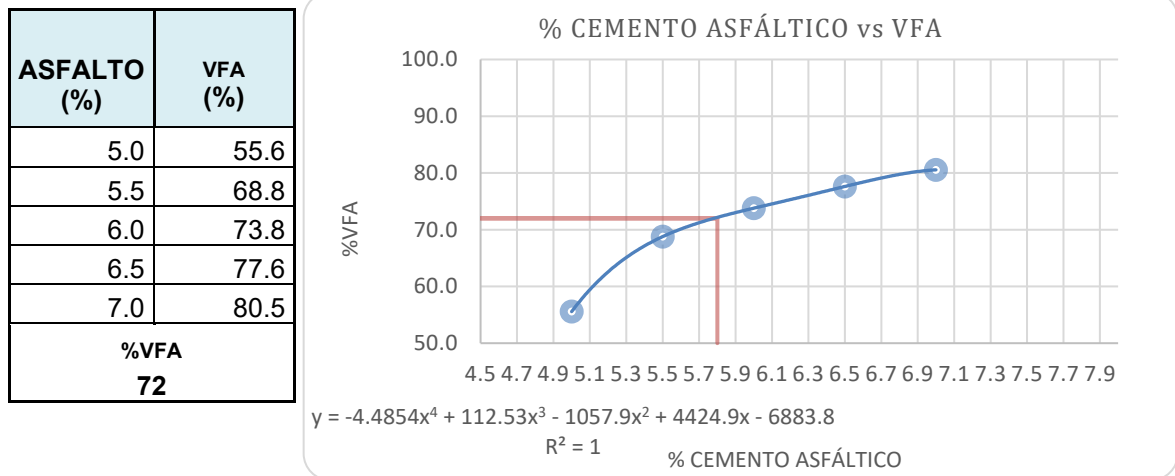
Figura 30. Gráfico, % Cemento asfáltico vs VMA

ASFALTO (%)	VMA (%)
5.0	17.1
5.5	16.8
6.0	16.5
6.5	16.7
7.0	16.9
%VMA	
16.6	



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31. Gráfico, % Cemento asfáltico vs VFA



Fuente: Elaboración Propia

Ya con los datos graficados se determinó que el porcentaje ideal de asfalto es de 5.8%, en la tabla N° 48 se presentan los resultados del ensayo Marshall aplicado a las muestras con 5.8% de asfalto, la cual es elegida como muestras Patrón.

RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559

MUESTRA PATRON

Tabla 48. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, Mezcla patrón

RESUMEN DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MAC-2, MEZCLA PATRÓN.				
Especificaciones Marshall	Resultados	Especificaciones		Resultados
		MAC -2		
		min.	máx.	
Óptimo contenido de c.a.	5.8	-	-	
Peso unitario (grs/cc)	2.334	-	-	
Vacíos (%)	4.5	3	5	Cumple
V.M.A (%)	16.9	14	-	Cumple
V.F.A (%)	73.7	-	-	
Flujo (mm)	3.6	2	4	Cumple
Estabilidad (kgs)	1206	815	-	Cumple
Índice de rigidez (kgs/cm)	3385	1700	4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

MUESTRAS CON 2% DE DIOXIDO DE TITANIO

Tabla 49. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 2% Dióxido de Titanio

RESUMEN DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MAC-2, 2% DIOXIDO DE TITANIO.				
Especificaciones Marshall	Resultados	Especificaciones		Resultados
		MAC -2		
		min.	máx.	
Optimo contenido de c.a.	5.8	-	-	
Peso unitario (grs/cc)	2.397	-	-	
Vacíos (%)	3.49	3	5	Cumple
V.M.A (%)	14.74	14	-	Cumple
V.F.A (%)	76.36	-	-	
Flujo (mm)	3.85	2	4	Cumple
Estabilidad (kgs)	1460.8	815	-	Cumple
Índice de rigidez (kgs/cm)	3792	1700	4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

MUESTRAS CON 4% DE DIOXIDO DE TITANIO

Tabla 50. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 4% Dióxido de Titanio

RESUMEN DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MAC-2, 4% DIOXIDO DE TITANIO				
Especificaciones Marshall	Resultados	Especificaciones		Resultados
		MAC -2		
		min.	máx.	
Optimo contenido de c.a.	5.8	-	-	
Peso unitario (grs/cc)	2.428	-	-	
Vacíos (%)	2.24	3	5	NO Cumple
V.M.A (%)	13.64	14	-	Cumple
V.F.A (%)	83.59	-	-	
Flujo (mm)	4.21	2	4	NO Cumple
Estabilidad (kgs)	1528.4	815	-	Cumple
Índice de rigidez (kgs/cm)	3629	1700	4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

MUESTRAS CON 8% DE DIOXIDO DE TITANIO

Tabla 51. Resumen de resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2, 8% Dióxido de Titanio

RESUMEN DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MAC-2, 8% DIOXIDO DE TITANIO				
Especificaciones Marshall	Resultados	Especificaciones		Resultados
		MAC -2		
		min.	máx.	
Optimo contenido de c.a.	5.8	-	-	-
Peso unitario (grs/cc)	2.469	-	-	-
Vacíos (%)	0.61	3	5	NO Cumple
V.M.A (%)	12.20	14	-	NO Cumple
V.F.A (%)	95.03	-	-	
Flujo (mm)	4.72	2	4	NO Cumple
Estabilidad (kgs)	1527.3	815	-	Cumple
Índice de rigidez (kgs/cm)	3231	1700	4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RODAMINA B, NORMA (UNI 11259)

Se empleo el ensayo de degradación de Rodamina B estandarizado mediante la norma UNI 11259 para determinar la presencia de la propiedad fotocatalítica en el asfalto adicionado con dióxido de titanio. Se realizo el control de acuerdo con los 3 tiempos establecidos por la norma, 0h, 4h y 26h. Para los cálculos se utilizó los instrumentos de medición y las fórmulas mencionadas en el procedimiento de la tesis.

Tabla 52. Resultados de degradación de Rodamina B muestras patrón sin dióxido de titanio P-1, P-2, P-3 (UNI 11259)

MEDICION DE DEGRDACION DE RODAMINA B, MUESTRAS PATRON P-1, P-2, P-3 (UNI 11259)							
M	TIEMPO				PROM		PROM.
N°	Medición 0h	Medición 4h	Medición 26h	$R4 = \frac{a^*(0h) - a^*(4h)}{a^*(0h)} \times 100$	R4%	$R26 = \frac{a^*(0h) - a^*(26h)}{a^*(0h)} \times 100$	R26%
	a* (0h)	a* (4h)	a* (26h)				
P-4	15.90	15.11	14.71	4.97	3.37 %	7.48	6.47 %
P-5	17.10	16.9	16.4	1.16		4.09	
P-6	17.61	16.91	16.23	3.98		7.85	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53. Resultados de degradación de Rodamina B con 2% de dióxido de titanio, muestras 1-2%, 2-2%, 3-2% (UNI 11259).

MEDICION DE DEGRADACION DE RODAMINA B, MUESTRAS PATRON 2%-1, 2%-2, 2%-3 (UNI 11259)							
M	TIEMPO				PROM		PROM.
N°	Medición 0h	Medición 4h	Medición 26h	$R4 = \frac{a^*(0h) - a^*(4h)}{a^*(0h)} \times 100$	R4%	$R26 = \frac{a^*(0h) - a^*(26h)}{a^*(0h)} \times 100$	R26%
	a*(0h)	a*(4h)	a*(26h)				
1	15.6	14.85	14.15	4.80	4.42%	9.29	12.18%
2	14.90	14.21	13.34	4.63		10.46	
3	14.54	13.98	12.10	3.85		16.78	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54. Resultados de degradación de Rodamina B con 4% de dióxido de titanio, muestras 1-4%, 2-4%, 3-4% (UNI 11259).

MEDICION DE DEGRADACION DE RODAMINA B, MUESTRAS PATRON 4%-1, 4%-2, 4%-3 (UNI 11259)							
M	TIEMPO				PROM		PROM.
N°	Medición 0h	Medición 4h	Medición 26h	$R4 = \frac{a^*(0h) - a^*(4h)}{a^*(0h)} \times 100$	R4%	$R26 = \frac{a^*(0h) - a^*(26h)}{a^*(0h)} \times 100$	R26%
	a*(0h)	a*(4h)	a*(26h)				
1	14.70	13.95	13.20	5.10	5.00%	10.20	13.90%
2	13.90	13.08	11.85	5.90		14.74	
3	14.02	13.46	11.65	3.99		16.90	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55. Resultados de degradación de Rodamina B con 8% de dióxido de titanio, muestras 1-8%, 2-8%, 3-8% (UNI 11259)

MEDICION DE DEGRADACION DE RODAMINA B, MUESTRAS PATRON 8%-1, 8%-2, 8%-3 (UNI 11259)							
M	TIEMPO				PROM		PROM.
N°	Medición 0h	Medición 4h	Medición 26h	$R4 = \frac{a^*(0h) - a^*(4h)}{a^*(0h)} \times 100$	R4%	$R26 = \frac{a^*(0h) - a^*(26h)}{a^*(0h)} \times 100$	R26%
	a*(0h)	a*(4h)	a*(26h)				
1	11.37	10.04	8.34	11.70	11.76%	26.65	28.49%
2	8.75	7.55	6.45	13.71		26.29	
3	10.73	9.67	7.24	9.87		32.52	

Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS DE LA DEGRADACION DE RODAMINA B (UNI 11259)

Tabla 56. Resumen de resultados de degradación de Rodamina B, promedio de R4 Y R26 de las muestras patrón, 2%, 4% y 8% de dióxido de titanio

RESUMEN DE RESULTADOS DE DEGRADACIÓN DE RODAMINA B, PROMEDIO DE R4 Y R26 DE LAS MUESTRAS PATRÓN, 2%, 4% Y 8% DE DIÓXIDO DE TITANIO					
DIOXIDO DE TITANIO %	RESULTADOS		ESPECIFICACIONES	Resultados	
	PROMEDIO	PROMEDIO	UNI 11259		
	% R4	% R26	min	R4	R26
Muestra Patrón sin Dióxido de Titanio	3.37	6.47	R4>20%	x	x
Muestra 2% de Dióxido de Titanio	4.42	12.18		x	x
Muestra 4% de Dióxido de Titanio	5.00	13.90	R26>50%	x	x
Muestra 8% de Dióxido de Titanio	11.76	28.49		x	x

Fuente: Elaboración Propia

V.- DISCUSIÓN

1. En la presente tesis se determinó que a partir de la adición de 4% de dióxido a más las propiedades mecánicas del asfalto se ven afectadas, de la misma forma se evidencio que a más cantidades de dióxido de titanio las propiedades fotocatalíticas aumentan pese a ello no se logra cumplir con las especificaciones de la norma UNI 11259. las muestras que mejores resultados presentaron en R4 Y R26 del ensayo de Rodamina B fueron las adicionadas con 8 % Tio₂, para R4 con 8% de dióxido de titanio se obtuvo un porcentaje de 11.76%, por debajo de la norma que establece que el % mínimo para R4 es de 20%, para R26 con 8% de dióxido de titanio arrojó una degradación de 28.49 por debajo de la norma que establece que para R26 el mínimo es de 50%. De forma similar Segura Montoya y Camelo Manzanares (2019) en su investigación Concluyen que la resistencia de los elementos disminuía con el incremento de la dosificación de dióxido de titanio pese a ello los prefabricados de concreto cumplen con la Norma Técnica Colombiana; que es 4000 psi (28 MPa). También evidencio que a más cantidades de dióxido de titanio mayores son las propiedades fotocatalíticas y que las muestras adicionadas con 7.5% de dióxido de titanio son las que mayor degradación presentaron.

2. En la presente tesis los mejores resultados se obtuvieron con 2%, se observó qué, el % de vacíos de la mezcla modificada con 2% de dióxido de titanio disminuye en 22.4% respecto al patrón, pero manteniéndose dentro del % de vacíos establecido por el Manual de Carreteras EG 2013 que es de 3 a 5%. Para el V.M.A se observa una disminución de 12.78% respecto a la muestra patrón, manteniéndose dentro del mínimo establecido por dicha norma que es 14%. Para el Flujo se registra un aumento de 6.49% respecto al patrón, manteniéndose dentro del rango establecido por la norma de 2 a 4mm. Para la estabilidad se aprecia una mejora de 17.44% respecto al patrón, superando la estabilidad mínima establecida por la norma 815 Kgs. En cuanto al Índice de Rigidez se aprecia un aumento de 10.73% respecto al patrón, manteniéndose dentro del rango de 1700 y 4000 kg/cm establecidos por la norma. En cuanto a la adición de 8% de dióxido de titanio los resultados no fueron satisfactorios, se observó qué el % de vacíos de la mezcla

modificada con 8% de dióxido de titanio disminuye en 86.44% respecto al patrón, quedando por debajo del % de vacíos mínimo establecido por el Manual de Carreteras EG 2013 que es de 3%. Para el V.M.A se observa una disminución de 27.81% respecto a la muestra patrón, quedando por debajo del mínimo establecido por dicha norma que es 14%. Para el Flujo se registra un aumento de 23.73% respecto al patrón, superando el rango establecido por la norma que es de 2 a 4mm. Para la estabilidad se aprecia una mejora de 21.04% respecto al patrón, superando la estabilidad mínima establecida por la norma 815 Kgs. En cuanto al Índice de Rigidez se aprecia una disminución de 4.55% respecto al patrón, manteniéndose dentro del rango de 1700 y 4000 kg/cm establecidos por la norma. En la investigación de Soncco Paredes (2021) se utilizaron porcentajes similares de dióxido de titanio Concluyendo de manera similar que se obtuvieron buenos resultados con adiciones de 5% y 7% en las propiedades fotocatalíticas de eliminación de contaminantes volátiles y de autolimpieza. Respecto a las propiedades mecánicas en adiciones de 3%, 5%, 7% la compresión, mostró una disminución de 2.48%, 11.92%, 17.81% respectivamente, a los 28 días de curado, en comparación con el mortero patrón cuya resistencia obtenida fue 125 kg/cm². En el análisis de la flexión con las mismas características anteriores se observó una disminución de 2.47%, 5.45%, 6.95% respectivamente en comparación con el mortero patrón cuya resistencia obtenida a la flexión de diseño fue 33.5 kg/cm². En cuanto a las propiedades físicas de absorción en adiciones de 3%, 5% y 7%, disminuyó 10.70%, 15.84% y 23.08% respectivamente, a las 24 horas de exposición al agua, en comparación con el mortero patrón cuya absorción fue de 148.27 gr/100cm². En el análisis de la permeabilidad con las mismas características anteriores se observó una disminución de 25.41%, 37.46% y 64.48% respectivamente, en comparación con el mortero sin dióxido de titanio cuyo coeficiente de permeabilidad fue de $5.93 \cdot 10^{-6}$ cm/seg.

3. En evaluación de las propiedades mecánicas del asfalto adicionado con 2%, 4%, 8% se concluyó que con la adición de 2% de dióxido de titanio mejoraban las propiedades de la mezcla asfáltica de 1206kgs obtenidos en la muestra patrón a 1460.8kgs, en cuanto al fujo aumento de 3.6mm obtenidos en la muestra patrón a 3.85mm manteniéndose dentro de 4mm establecidos por la norma, el % vacíos

disminuyo de 4.5 obtenidos en la muestra patrón a 3.49% manteniéndose dentro del 5% establecido por la norma; el %VMA disminuyo de 16.9% a 14.74% respecto al patrón manteniéndose dentro del mínimo 14% establecido por la norma. Llegando a conclusión final que la adición ideal para mejorar las propiedades mecánicas es de 2%. A conclusiones similares llego Molina Villar y Rangel Verdugo (2020) que concluyo que para el estudio de cubos morteros con dosificación 1:2.75 con una relación a/c de 0.48 la adición de dióxido de titanio genera corrosión, adicionando un 2% de dióxido de titanio a las muestras se tiene una buena resistencia a la compresión, y a mayor cantidad de dióxido(TiO₂) debilita el concreto ante la compresión debido a que el dióxido de titanio actuaría como material de relleno, también establece que disminuye la resistencia a la conductividad eléctrica y por ende la porosidad es mayor aumentando la tasa de corrosión por exposición al medio ambiente.

4. Esta investigación tuvo la intención de desarrollar un asfalto fotocatalítico capaz de eliminar compuestos contaminantes, en esta investigación si se lograron presenciar las propiedades fotocatalíticas aunque no en la medida que el autor esperaba, la misma intención se planteó en la investigación de Suárez et al (2016) Determinando que en pavimentos flexibles se observó una disminución en la actividad fotocatalítica con el paso del tiempo debido al tránsito vehicular que genera desgaste en el material fotoactivo, las partículas acumuladas sobre este y el envejecimiento de los materiales. Se concluyo que la mayoría de los productos fotocatalíticos analizados son capaces de eliminar los compuestos NO_x aun después de ser sometidos a desgaste.

VI.- CONCLUSIONES

Se logro cumplir con el objetivo general ***“Determinar las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con dióxido de titanio (TiO₂), Piura, 2022”*** Las propiedades mecánicas del asfalto adicionado con dióxido de titanio en proporciones de 2%, 4% y 8% se lograron analizar mediante el ensayo Marshall establecido en la norma E 504 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la norma ASSTM- 1559 y las especificaciones técnicas establecidas en el manual de carreteras EG 2013, llegando a conclusión de que es un buen aditivo para mejorar sus propiedades mecánicas siendo la adición de 2% quien mejores resultados presento, logrando mejorar todas la propiedades de la mezcla en conjunto. En cuanto a la determinación de la propiedad fotocatalítica de degradación de la mezcla adicionada con 2%, 4% y 8% se realizó según los procedimientos especificados por el Organismo de Unificación Nacional Italiana (UNI)11259:2008 (determinación de la actividad fotocatalítica – método de ensayo Rodamina), llegando a la conclusión que la mezcla es capaz de degradar al colorante orgánico rodamina B, mostrando los mejores resultados con la adición de 8% después de 26 horas de exposición a los rayos UV usando como fuente lo rayos naturales del sol, aun así la mezcla no puede ser considerada como material fotocatalítico debido a que no supero las especificaciones técnicas de la norma utilizada.

Se logro cumplir con el objetivo específico N°1 ***“Determinar la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica adicionada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022”*** concluyendo que las muestras con 2%, 4%, 8% de Dióxido de Titanio aumentan su estabilidad Marshall en 1460.8 kg, 1528.4 kg, 1527.3 respectivamente, superando en los tres casos a la muestra patrón en la que se obtuvo una resistencia de 1206 kg, demostrando que el dióxido de titanio aumenta la resistencia a la deformación ante cargas, superando la resistencia mínima establecida por el manual de carreteras EG 2013. En esta etapa se concluye también que a partir de 8 % de dióxido de titanio la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica empieza a descender, pero aun así se mantiene dentro de los requerimientos establecido por las normas.

Se logro cumplir con el objetivo específico N°2 **“Determinar la capacidad de degradación de la mezcla asfáltica modificada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022”** Se concluyo en cuanto a la propiedad fotocatalítica de degradación de rodamina B de la mezcla asfáltica, que la muestra con 0% de dióxido de titanio (Tio₂) arrojó una degradación de rodamina B para R4 y R26 de 3.37% y 6.47% respectivamente, siendo inferior a las muestras adicionadas con Tio₂, para la adición de 2% de dióxido de titanio los resultados fueron de 4.42% para R4 y 12.18 para R26, para la adición de 4% se obtuvieron resultados de 5.00% para R4 y 13.90% para R26, las muestras que mejores resultados presentaron en R4 Y R26 fueron las adicionadas con 8 % Tio₂, para R4 un porcentaje de 11.76% y para R26 una degradación 28.49 %, cabe señalar que a pesar de que se muestra la propiedad fotocatalítica no se puede considerar al asfalto modificado con dióxido de titanio como un material fotocatalítico debido a que no supera las especificaciones establecidas por la norma UNI 11259 que establecen que R4 debe ser mayor 20% y R26 mayor a 50% para considerarse como fotocatalítico.

Se logro cumplir con el objetivo específico N°3 **“Determinar la dosificación adecuada de Dióxido de Titanio en el asfalto, Piura, 2022”** Respecto a la evaluación de las propiedades mecánicas del asfalto adicionado con 2%, 4%, 8% se determinó que; con la adición de 2% de dióxido de titanio mejoraban todas las propiedades de la mezcla asfáltica, la estabilidad aumento de 1206kgs obtenidos en la muestra patrón (Tabla N°48) a 1460.8kgs (Tabla N°49), descartando la adición de 4% y 8% debido a que un incremento excesivo en la estabilidad reduce la durabilidad del asfalto, en cuanto al flujo aumento de 3.6mm obtenidos en la muestra patrón a 3.85mm manteniéndose dentro de 4mm establecidos por la norma, el % vacíos disminuyo de 4.5 obtenidos en la muestra patrón a 3.49% obteniendo una mezcla más impermeable, con los vacíos suficientes para evitar la exudación y manteniéndose dentro del 5% establecido por la norma; el %VMA disminuyo de 16.9% obtenidos en la muestra patrón a 14.74%, manteniendo los vacíos suficientes para envolver de manera óptima el agregado mineral, aumentando la durabilidad de la mezcla y manteniéndose dentro del mínimo 14% establecido por la norma . Llegando a conclusión final que la adición ideal para

mejorar las propiedades mecánicas es de 2%. A esta conclusión se llegó comparando las tablas N° 48 y 49.

VII.- RECOMENDACIONES

Al determinarse que a partir de 2% de dióxido de titanio las propiedades mecánicas del asfalto mejoran y a partir de 4% disminuyen, se recomienda realizar un análisis de las propiedades mecánicas a través del ensayo Marshall de la mezcla asfáltica adicionada con dióxido de titanio en porcentajes de 2.5%, 3% y 3.5%.

Se recomienda realizar la comparación del método de diseño Superpave y Marshall de las propiedades mecánicas del asfalto adicionado con dióxido de titanio en 2.5%, 3% y 3.5%, de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en el Manual de Carreteras EG 2013.

Se recomienda realizar una comparación entre los polímeros que comúnmente se usan para mejorar las mezclas asfáltica y el Dióxido de Titanio, para determinar su efectividad en la mejora de las propiedades mecánicas del asfalto y que alternativa resulta más económica y eficiente.

Se recomienda analizar la influencia del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio respecto a la eliminación del dióxido de nitrógeno NO₂ a través de cámaras herméticas conectadas a medidores de contaminantes.

REFERENCIAS

- Abella Rodríguez, G. *Mejora de las propiedades de materiales a base de cemento que contienen TiO₂: Propiedades autolimpiantes* [Masters, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM)]. <https://oa.upm.es/38343/>
- Agudelo Viana, L. G., & Aigner Aburto, J. M. *Diseños de investigación experimental y no-experimental*.
- Alejandro, H., & Romero, K. Hormigones fotocatalíticos. *Materiales avanzados en la construcción*.
- Argilaga, M. T. A. La observación participante. *Aguirre, AB Etnografía: metodología cualitativa en la investigación socio cultural*, 73-83.
- Arto Torres, I. *Photocatalytic cement. Pollution reduction and preservation of building coatings*. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. <https://idus.us.es/handle/11441/43522>
- Bayardo, M. G. M. *Introducción a la metodología de la investigación educativa*. Editorial progreso.
- Benavides Prieto, F. *Efecto del dióxido de titanio (TiO₂) en la resistencia a la compresión del concreto auto limpiante en Colombia*.
- Casal, J., & Mateu, E. Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev.*, 1(1), 3-7.
- Cassar, L., Beeldens, A., Pimpinelli, N., & Guerrini, G. L. (2007). Photocatalysis of cementitious materials. *International RILEM symposium on photocatalysis, environment and construction materials*, 1, 131-145.
- Cordero, Z. R. V. La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación*, 33(1), 155-165.
- Escobar, L. M., Vasquez, L. G., & Gaviria, J. M. Diseño de pavimento flexible y rígido. *Armenia: Universidad del Quindío*.
- Espinal Hinojosa, J. G., & Rimachi Araujo, G. *Influencia de la adición de nanosilice (SiO₂) y dióxido de titanio (TiO₂) en las propiedades del concreto modificado con baja dosificación de nanopartículas*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3423>
- Giraldo, L. F. G., Franco, E. A. M., & Arango, J. J. S. La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de investigación*, 1(1), 83-92.

- González Barriga, G. A. *Fotocatálisis aplicada a los materiales de la construcción*. <http://repositorio.umayor.cl/xmlui/handle/sibum/6827>
- Guerrini, G. L. Photocatalytic performances in a city tunnel in Rome: NO_x monitoring results. *Construction and Building Materials*, 27(1), 165-175.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, R., & Baptista-Lucio, P. (2017). *Selección de la muestra*.
- Huamani Mollo, M. A., & Solis Guerra, S. *Efecto de las propiedades físico-mecánicas y químicas del mortero convencional adicionado con dióxido de titanio para el sector construcción en la provincia y región de Arequipa, julio-diciembre 2020*. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10434>
- Laplaza Guerra, A. *TX Active: Fotocatálisis contra la contaminación*. Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. <https://idus.us.es/handle/11441/34725>
- Lizcano, F. R., & Quintana, H. R. *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Ecoe Ediciones.
- López Caiza, D. R. *Mejoramiento de la carpeta asfáltica a base de escoria siderúrgica para pavimentos flexibles (mezcla asfáltica)* [B.S. thesis].
- Minaya Gonzales, S., & Ordoñez Huaman, A. Manual de laboratorio ensayos para pavimentos. *Volumen I. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Molina-Villar, J. D., & Rangel-Verdugo, L. S. *Efecto de la adición de dióxido de titanio en las propiedades mecánicas y de durabilidad en materiales a base de cemento*. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24943>
- Narain, U., & Sall, C. *Methodology for valuing the health impacts of air pollution*.
- Papamija, M., & Sarria, V. Degradación fotocatalítica del ibuprofeno empleando dióxido de titanio. *Revista de Ingeniería*, 31, 47-53.
- Ponnet, L., Ortín, G.-Á., Agulló Fité, L., Ainchil Lavín, J. P., Álvarez, A., Burón, M., Fernández, Á., García, F., Lasalle, E., & Masó, D. *Jornada sobre hormigones especiales*. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria de la Construcció (EC). <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/9676>
- Ramírez, A. M. Fotocatálisis de TiO₂ para crear Materiales de Construcción más durables. *PROSPECTIVA*, 4(2), 12-17.
- Segura Montoya, D. J., & Camelo Manzanares, D. M. *Evaluación de las propiedades fotocatalíticas de prefabricados para obras de infraestructura*

- vial en concreto adicionado con dióxido de titanio (TiO₂) [Thesis].
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5759>
- Soncco Paredes, B. E. *Evaluación de las propiedades fotocatalíticas adicionando nanopartículas de dióxido de titanio en la disminución de partículas volátiles contaminantes presentes en el aire, en morteros de cemento, Puno-2020.*
- Sotil, A. (2014). Estado del arte de la ingeniería de pavimentos. *Saber y Hacer*, 1(1), Art. 1.
- Suárez, S., Martínez, C., Jansson, I., Vilanova, O., Nieto, S., Núñez, L., Palacios, M., Arias, G., & Sánchez, B. *Evaluación de la reducción de óxidos de nitrógeno utilizando materiales fotocatalíticos comerciales. Proyecto LifeMinox-Street de la UE.* 9.
- Tapia, V., Carbajal, L., Vásquez, V., Espinoza, R., Vásquez-Velásquez, C., Steenland, K., & Gonzales, G. F. Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2,5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 190-197.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250>
- Tuesta, E. G., & Gutarra, A. Aplicaciones electrocrómicas y fotocatalíticas del dióxido de titanio. *Revciuni*, 8(2), 32.
- Valenzuela, M. (2003a). El asfalto, en la conservación de pavimentos. *Valdivia, Chile: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.*
- Valenzuela, M. (2003b). El asfalto, en la conservación de pavimentos. *Valdivia, Chile: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.*
- Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A., & Leo-Amador, G. E. Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15).
- Zuasnábar, K. R. M. Efecto del dióxido de titanio (TiO₂) en el comportamiento del mortero de Cemento Pórtland tipo i para fachadas -Lima Metropolitana (2018). *Universidad Ricardo Palma.*
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2015>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Determinación de las propiedades mecánicas y descontaminantes del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio para diseñar pavimentos descontaminantes, Piura, 2022				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	Metodología
¿Cómo determinar las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio (TiO ₂), Piura, 2022?	Determinar las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con dióxido de titanio (TiO ₂), Piura, 2022	Se determinó que las propiedades mecánicas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio mejoran y se demuestra su capacidad para degradar compuestos orgánicos, Piura, 2022.	INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental ENFOQUE: Cuantitativo ENFOQUE: Cuantitativo POBLACIÓN: Especímenes de asfalto adicionados con dióxido de titanio. MUESTRA Población
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	Dióxido de Titanio	
¿Cómo determinar la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica adicionada con dióxido de titanio, Piura, 2022?	Determinar la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica adicionada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022	Se determinó que la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica adicionada con dióxido de titanio mejora, Piura, 2022.		
¿Cómo determinar la capacidad de degradación de la mezcla asfáltica modificada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022?	Determinar la capacidad de degradación de la mezcla asfáltica modificada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022	Se demuestra la capacidad de degradación de la mezcla asfáltica modificada con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.	DEPENDIENTE	
¿Cómo determinar la dosificación adecuada de dióxido de titanio en la mezcla asfáltica, Piura, 2022?	Determinar la dosificación adecuada de Dióxido de Titanio en la mezcla asfáltica, Piura, 2022	La dosificación adecuada de dióxido de Titanio en la mezcla asfáltica mejora las propiedades mecánicas del asfalto y se presencia la propiedad de degradación, Piura, 2022	Propiedades mecánicas y descontaminantes	

ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Dióxido de Titanio	El TiO ₂ es un catalizador que se activa con los rayos ultravioleta produciendo una reacción capaz de degradar materia orgánica.(Papamija y Sarria, 2010)	Es un compuesto capaz de eliminar compuestos nocivos como el CO ₂ , NO _x , al entrar en contacto con los rayos UV, gracias a sus propiedades fotocatalíticas puede unirse a otros materiales como el asfalto y transferir estas propiedades que pueden ser medidas mediante el ensayo de rodamina B.	Propiedad fotocatalítica	Especificaciones UNI R4 R26	Ensayo de Rodamina B
			Transferir propiedades fotocatalíticas	Degradación de compuestos orgánicos	Ensayo de Rodamina B
Propiedades mecánicas y fotocatalíticas de la mezcla asfáltica	Se ha podido determinar que el dióxido de titanio adicionado a otros materiales puede eliminar hasta un 91% NO _x sin alterar e incluso mejorando sus propiedades mecánicas. (Borgarello citado por Huamani Mollo y Solis Guerra, 2021).	La mezcla asfáltica es parte de la estructura de pavimentos flexibles, para su buen funcionamiento debe poseer propiedades mecánicas que garanticen su serviciabilidad, el dióxido de titanio poseedor de propiedades fotocatalíticas al unirse con el asfalto transfiere estas propiedades formando pavimentos descontaminantes, lo que puede modificar las propiedades del asfalto estas modificaciones en las propiedades se pueden medir mediante el ensayo Marshall.	Mejora de propiedades mecánicas	Estabilidad	Ensayo Marshall
				Flujo	
				Resistencia a la deformación	Ensayo Marshall

ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

TESIS: "DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FOTOCATALITICAS DEL ASFÁLTO ADICIONADO CON DIOXIDO DE TITANIO, PIURA, 2022"

**TESISTA:
RIVERA FIGUEROA BEMJAMIN
ERICK JOEL**

**Diseño de mezcla Asfáltica
en Caliente**

Agosto - 2022

AAH
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymé Narvay
Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

ESTUDIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

1. INTRODUCCIÓN

Este informe tiene por objetivos presentar los estudios y resultados de los ensayos de los materiales que se han utilizado en la elaboración del diseño de mezcla asfáltica en caliente, realizada de acuerdo con las Especificaciones Técnicas del Proyecto de Pavimentos Urbanos.

2. GENERALIDADES

La mezcla asfáltica en caliente para empleo en la pavimentación se compondrá de agregados grava triturada 40.5% y arena con 59.5%

3. ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

Los materiales para utilizar serán los que se especifican a continuación:


(a) Agregados Grueso

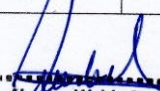
Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla 03.01

Requerimiento para los Agregados Grueso

Ensayos	Normas		Requerimiento (Altitud m.s.n.m)	
			<3000 m.s.n.m	>3000 m.s.n.m
Durabilidad (al sulfato de Sodio)	CE 010	NTP 400.016	12% máx.	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	CE 010	NTP 400.016	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	CE 010	NTP 400.019	40% máx.	35 máx.
Índice de Durabilidad	CE 010	MTC E214	35%min	35 máx.
Partículas chatas y alargadas	CE 010	NTP 400.040	10% máx.	10% máx
Caras Fracturadas	CE 010	MTC E210	85/50	50/30
Sales Solubles Totales	CE 010	NTP 338.152	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	CE 010	NTP 400.021	1.00%	Según diseño
Adherencia	CE 010	MTC E 519	95	95


 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614

Ensayo	Normas	Requerimiento Agregado
--------	--------	------------------------

Terrones de Arcilla y Partículas Deleznaibles	MTC E-212	NTP 400.015	1%
---	-----------	-------------	----

Nota: La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

(b) Agregados minerales finos

Los agregados finos deberán cumplir con los requerimientos siguientes:

Tabla 03.02

Requerimiento para los Agregado Finos

Ensayos	Normas		Requerimiento (Altitud m.s.n.m)	
			<3000 m.s.n.m	>3000 m.s.n.m
Equivalente de Arena	CE 010	NTP 339.146	45% min.	45% min.
Angularidad del Agregado	CE 010	MTC E222	30 min.	30 min.
Adhesividad (Riedel Weber9	CE 010	MTC E222	4% min	6% min.
Índice de Durabilidad	CE 010	MTC E 214	35min	35 máx.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	CE 010	NTP 339.129	NP	NP
Índice de Plasticidad (malla N°200)	CE 010	NTP 339.129	Máx.4	NP
Sales Solubles Totales	CE 010	NTP 339.152	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	CE 010	NTP 400.022	0.50%	Según diseño

Ensayo	Normas		Requerimiento
Materia Orgánica	MTC E-118	-	-
Terrones de Arcilla y Partículas Deleznaibles (Materiales Deletéreos)	MTC E 212	NTP 400.015	1%

AAH
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymé Narvay
Aymé Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

Además, el agregado grueso y fino debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptara como máximo el uno por ciento (1%) de partículas deleznable según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

(c) Gradación

La gradación de la mezcla asfáltica deberá responder a alguno de los siguientes usos granulométricos.

Tabla 03.03

USOS GRANULOMÉTRICOS ESPECIFICADOS MAC-2

TAMIZ	NORMAS	PORCENTAJE QUE PASA	
		MIN	MÁX
19.0 mm (3/4")	CE 010 /MTC E - 204	100	100
12.5 mm (1/2")		80	100
9.5 mm (3/8")		70	88
4.75 mm (N° 4)		51	68
2.00 mm (N° 10)		38	52
0.420 mm (N° 40)		17	28
0.180 mm (N° 80)		8	17
0.075 mm (N° 200)		4	8


(d) Cemento Asfáltico

El Cemento Asfáltico por emplearse en la mezcla asfáltica en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región con la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico.

4. AGREGADOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

- **Agregado fino material reciclado**

Los agregados finos deberán cumplir con los requerimientos siguientes:


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090



Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614


Tabla 03.02

Ensayos	Normas	Requerimiento (Altitud m.s.n.m)	Resultado	Observación
		<3000 m.s.n.m		
Equivalente de Arena	CE 010 NTP 339.146	45% min.	72.0	Cumple
Angularidad del Agregado	CE 010 MTC E222	30 min.	43.1	Cumple
Adhesividad (Riedel Weber9	CE 010 MTC E222	4% /6% min	5	Cumple
Índice de Durabilidad	CE 010 MTC E 214	35min	85.0	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°40)	CE 010 NTP 339.129	NP	NP	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°200)	CE 010 NTP 339.129	Máx.4/NP	2.07	Cumple
Sales Solubles Totales	CE 010 NTP 339.152	0.5% máx.	0.135	Cumple
Absorción	CE 010 NTP 400.022	Según diseño	0.42	Cumple

Ensayo	Normas	Requerimiento (Altitud m.s.nm)	Resultado	Observación
		<3000 msnm		
Materia Orgánica	MTC E-118	-	0.14	Cumple
Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales (Materiales Deletéreos)	MTC E 212	1%	0.34	Cumple

• **Agregado Grueso (Piedra Chancada)**

Producto del chancado del over mayor a 2" proveniente de cantera "Sojo" Ubicada en el km 13 Carretera Sullana – Paita. Dicho Material es procesado en la planta industrial ubicada en la Cantera antes descrita, teniendo como TM de ¾" y un TMN de ½"


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alejandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

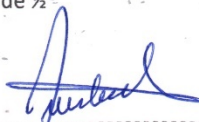
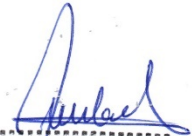

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

Tabla 03.01

Ensayos	Normas	Requerimiento (Altitud m.s.n.m)	Resultado	Observación
		<3000 m.s.n.m		
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	CE 010 NTP 400.016	18% máx.	2.61%	Cumple
Abrasión Los Ángeles	CE 010 NTP 400.019	40% máx.	12.6%	Cumple
Índice de Durabilidad	CE 010 MTC E214	35%min	86.5	Cumple
Partículas chatas y alargadas	CE 010 NTP 400.040	10% máx.	5.9%	Cumple
Caras Fracturadas	CE 010 MTC E210	65/40	96.3/92.0	Cumple
Sales Solubles Totales	CE 010 NTP 338.152	0.5% máx.	0.09%	Cumple
Absorción	CE 010 NTP 400.021	1%	0.77	Cumple
Adherencia	CE 010 MTC E 519	95	98	Cumple

Ensayo	Normas	Requerimiento Agregado grueso	Resultado	Observación
Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables (Materiales Deletéreos)	MTC E-212 NTP 400.015	1%	0.17	Cumple


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090


Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

**5. DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CAALIENTE CON CEMENTO ASFALTICO
PEN 60/70 PARA ALTURA < A 3000 m.s.n.m**

5.1 Combinación de Agregados

Los resultados de la combinación teórica y Física de los agregados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 05.01
Combinación física y teórica de agregados para la mezcla asfáltica (PEN 60/70)

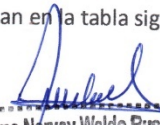
Tamices	Cantera SOJO	Cantera SOJO	Cantera Cerro Mocho	Cantera Santa Cruz	Resultado de la Combinación de los agregados		
	Grava ½"	Arena Chancada	Arena	Arena	Comb. Teórico	Comb. Física	Especificación Técnica MAC-2
	38.0%	36.0%	10.0%	17.0%			
¾"	100	100	100	100	100	100	100
½"	75.3	100	100	100	90.6	90.6	80 - 100
3/8"	41.8	99.8	99.8	99.6	77.7	77.7	70 - 88
# 4	3.0	95.6	97.9	96.5	60.8	60.8	51-68
# 10	0.0	62.8	80.8	88.9	45.2	45.7	38 -52
# 40	0.0	31.2	25.0	58.1	23.3	23.3	17-28
# 80	0.0	20.2	9.6	8.2	9.4	9.4	8-17
# 200	0.0	13.4	9.0	2.4	6.0	6.0	4 - 8

(*) Cemento Asfáltico con el 0.5% del aditivo mejorador de adherencia Quimi Bond 3000.

5.2 RESULTADOS DE LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (DISEÑO CON PEN 60/70)

Las características de calidad de la mezcla asfáltica deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso que se indican en la tabla siguiente:


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090


Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

ESTUDIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tablas 05.01

Resultados que encontramos con los diferentes porcentajes de Dioxido de Titanio en la Mezcla Asfáltica Teniendo Resultados Negativos (PEN 60/70)

	Especificaciones la Mezcla Asfáltica	Resultado Teórico de la Grafica	Optima 5.8 CA CON EL 2% DE DIOXIDO DE TITANIO	Optima 5.8 CA CON EL 4% DE DIOXIDO DE TITANIO	Optima 5.8 CA CON EL 8% DE DIOXIDO DE TITANIO
Marshall (MTC E 504)					
Numero de golpe en cada lado	75	75	75	75	75
Estabilidad (min)	815 kg	1206	1460.8	1528.4	1527.3
Flujo (min)	2- 4	3.6	3.85	4.21	4.72
Porcentaje de vacíos con aire (MTC 505)	3 - 5	4.5	3.49	2.24	0.61
Vacíos en el agregado mineral	14 Min.	16.9	14.74	13.64	12.20
Relación Estabilidad / Flujo	1700 – 4000 Kg/cm2	3385	3792	3829	3231
Relación Polvo - Asfalto	06 - 13	1.11			
Contenido de Cemento Asfáltico	Según diseño	5.8	5.8	5.8	5.8
Resistencia Retenida (Inmersión y Compresión)	70% Min.	-			
Resistencia a la Compresión Mpa (Inmersión y Compresión)	2.1% Min.	-			

*MTC EG -2013


*Cemento Asfáltico con el 0.5% del aditivo mejorador de adherencia Quimi bond 3000.

CUADRO RESUMEN PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO						
MUESTRAS	M1	M2	M3	M4	M5	OPTIMA
% CEMENTO ASFALTICO	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.8
PESO ESPECIFICO PROBETA	2.310	2.332	2.353	2.359	2.365	2.334
VACIO	7.6	5.2	4.3	3.7	3.3	4.5
FLUJO	3.13	3.43	3.68	3.7	3.5	3.6
ESTABILIDAD	1059	1078	1338	1437	1055	1206
INDICE DE REGIDEZ	3391	3153	3635	3462	2991	3385
VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA)	17.1	16.8	16.5	16.7	16.9	16.9
VACIO LLENOS CON ASFALTO (VFA)	55.6	68.8	73.8	77.6	80.5	73.7

5.4 CUADRO RESUMEN DE PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO

6. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

- Para la elaboración del diseño de mezcla asfáltica en caliente, se han usado agregados procedentes de la Cantera SOJO ubicada en el Km 13 Carretera Sullana – Paíta.



Ayma Marvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ASOCIADOS S.A.C.

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL

R.U.C. 20548210772

- Los resultados de los ensayos del agregado cumplen las especificaciones técnicas del proyecto para ser usados en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente.
- La gradación utilizada para la elaboración de los diseños de mezcla asfáltica en caliente es el MAC-2
- Se realizó ensayos granulométricos para verificar los agregados, previa uniformidad de los mismos. Estos resultados se utilizaron en la combinación teórica de diseño.
- El óptimo contenido de Cemento asfáltico para el diseño que se presenta, es de 5.8%
- La temperatura de molde de mezcla asfáltica en laboratorio fue realizada en un rango de 136 a 142°C.
- Los resultados obtenidos del diseño de mezcla asfáltica cumplen con los parámetros establecidos en las especificaciones técnicas del proyecto.
- Se recomienda una buena uniformidad del material reciclado para la elaboración de la mezcla asfáltica.

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alejandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Marvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

	LABORATORIO DE MECANICA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	DE	VENTA DE AGREGADOS ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL R.U.C. 20548210772
	FORMATO ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)		
Obra : <i>Determinacion de las Propiedades Mecanicas y Fotocataliticas del Asfalto adicionado con Dioxido DE TITANIO, PIURA 2022</i>			
Solicita: <i>Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel</i>			
Mezcla: <i>En Caliente</i>		Fecha : <i>Agosto 2022</i>	
Materia: <i>Para MAC-2</i>		Jefe Laboratorio : <i>A.A.H</i>	

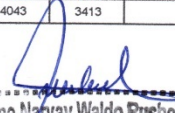
MATERIAL	%	%	OPTIMA 5.8% C.A CON EL 2% DE DIOXIDO DE TITANIO							
A	GRAVA TRITURADA	40.6								
B	ARENA	59.5								
C	FILLER									
MEZCLA			3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	88.9	77.0	59.5	41.1	21.9	9.8	4.5
			100	80 - 100	70 - 88	61 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de Probeta	N°	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.20	38.20	38.20	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	56.00	56.00	56.00	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.011	1.011	1.011	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.				
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1239.8	1246.9	1244.2	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1240.4	1247.4	1245.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	725.5	727.1	724.0	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	514.9	520.3	521.1	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.408	2.397	2.388	2.397
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.		2.484		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.421	2.421	2.421	
20	% de Vacios	%	3.07	3.52	3.88	3.49
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	1.12	1.12	1.12	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.63	85.23	84.92	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.30	11.25	11.21	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.37	14.77	15.08	14.74
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.74	4.74	4.74	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	78.66	76.15	74.28	76.36
30	Lectura del Anillo	pul.	1545	1520	1318	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1545	1520	1318	
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad Corregida	kg	1545	1520	1318	1460.8
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.				
35	Fluencia	mm.	3.94	3.76	3.86	3.86
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3921	4043	3413	3792

Observaciones:

CON EL 2% DE DIOXIDO DE TITANIO


 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614

	LABORATORIO DE MECANICA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	DE	VENTA DE AGREGADOS ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL R.U.C. 20548210772
	FORMATO ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)		
Obra : <i>Determinacion de las Propiedades Mecanicas y Fotocataliticas del Asfalto adicionado con Dioxido DE TITANIO, PIURA 2022</i>			
Solicita: <i>Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel</i>			
Mezcla: <i>En Caliente</i>		Fecha : <i>Agosto 2022</i>	
Materia: <i>Para MAC-2</i>		Jefe Laboratorio : <i>A.A.H</i>	

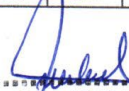
MATERIAL	%	%	OPTIMA 5.8% C.A CON EL 2% DE DIOXIDO DE TITANIO							
A GRAVA TRITURADA	40.6									
B ARENA	59.5									
C FILLER			3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
MEZCLA			100.0	88.9	77.0	59.5	41.1	21.9	9.8	4.5
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de Probeta	N°	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.20	38.20	38.20	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	56.00	56.00	56.00	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.011	1.011	1.011	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.				
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1239.8	1246.9	1244.2	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1240.4	1247.4	1245.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	725.5	727.1	724.0	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	514.9	520.3	521.1	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.408	2.397	2.388	2.397
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.		2.484		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.421	2.421	2.421	
20	% de Vacios	%	3.07	3.52	3.88	3.49
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	1.12	1.12	1.12	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.63	85.23	84.92	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.30	11.25	11.21	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.37	14.77	15.08	14.74
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.74	4.74	4.74	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	78.66	76.15	74.28	76.36
30	Lectura del Anillo	pul.	1645	1520	1318	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1545	1520	1318	
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad Corregida	kg	1545	1520	1318	1460.8
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.				
35	Fluencia	mm.	3.94	3.76	3.86	3.85
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3921	4043	3413	3792

Observaciones:

CON EL 2% DE DIOXIDO DE TITANIO


 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alexandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614

	LABORATORIO DE MECANICA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	DE	VENTA DE AGREGADOS ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL R.U.C. 20548210772
	FORMATO ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)		
Obra : Determinación de las Propiedades Mecánicas y Fotocatalíticas del Asfalto adicionado con Dioxido de Titanio , Piura 2022			
Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel			
Mezcla : En Caliente		Fecha : Agosto 2022	
Material : Para MAC-2		Jefe Laboratorio : A.A.H	

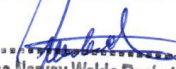
MATERIAL	%	%	OPTIMA 5.8% C.A CON EL 4% DE DIOXIDO DE TITANIO							
A	GRAVA TRITURADA	40.6								
B	ARENA	59.5								
C	FILLER									
MEZCLA			3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	88.9	77.0	59.5	41.1	21.9	9.8	4.5
			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de Probeta	Nº	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.20	38.20	38.20	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	56.00	56.00	56.00	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.011	1.011	1.011	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.				
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1241.6	1245.9	1240.8	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1242.7	1246.6	1241.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	730.2	734.5	730.8	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	512.5	512.1	510.7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.423	2.433	2.430	2.428
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.		2.484		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.421	2.421	2.421	
20	% de Vacios	%	2.47	2.06	2.19	2.24
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	1.12	1.12	1.12	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	86.16	86.53	86.41	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.37	11.42	11.40	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	13.84	13.47	13.59	13.64
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.74	4.74	4.74	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	82.15	84.74	83.89	83.59
30	Lectura del Anillo	pul.	1353	1748	1484	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1353	1748	1484	
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad Corregida	kg	1353	1748	1484	1528.4
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.				
35	Fluencia	mm.	4.11	4.27	4.24	4.21
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3292	4094	3500	3629

Observaciones:

CON EL 4% DE DIOXIDO DE TITANIO


 TÉCNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Nayway Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614

	LABORATORIO DE MECANICA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	DE	VENTA DE AGREGADOS ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL R.U.C. 20548210772
	FORMATO ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)		
Obra : Determinación de las Propiedades Mecánicas y Fotocatalíticas del Asfalto adicionado con Dioxido de Titanio , Piura 2022			
Solicita: Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel			
Mezcla: En Caliente		Fecha: Agosto 2022	
Material: Para MAC-2		Jefe Laboratorio: A.A.H	

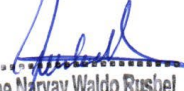
MATERIAL	%	%	OPTIMA 5.8% C.A CON EL 8% DE DIOXIDO DE TITANIO							
A GRAVA TRITURADA	40.6									
B ARENA	59.5									
C FILLER			3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°60	N°200
MEZCLA			100.0	88.9	77.0	59.5	41.1	21.9	9.8	4.5
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de Probeta	N°	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.20	38.20	38.20	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	56.00	56.00	56.00	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.011	1.011	1.011	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.				
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1236.4	1234.6	1239.8	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1237.5	1235.3	1240.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	735.2	737.2	738.1	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	502.3	498.1	502.7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.461	2.479	2.466	2.469
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.		2.484		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.421	2.421	2.421	
20	% de Vacios	%	0.91	0.22	0.71	0.61
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	1.12	1.12	1.12	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	87.54	88.15	87.71	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.55	11.63	11.57	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	12.46	11.85	12.29	12.20
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.74	4.74	4.74	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	92.72	98.17	94.20	95.03
30	Lectura del Anillo	pul.	1180	1477	1749	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1180	1477	1749	
32	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
33	Estabilidad Corregida	kg	1227	1536	1819	1527.3
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.				
35	Fluencia	mm.	4.87	4.78	4.72	4.72
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2627	3214	3854	3231

Observaciones:

CON EL 8% DE DIOXIDO DE TITANIO


 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090

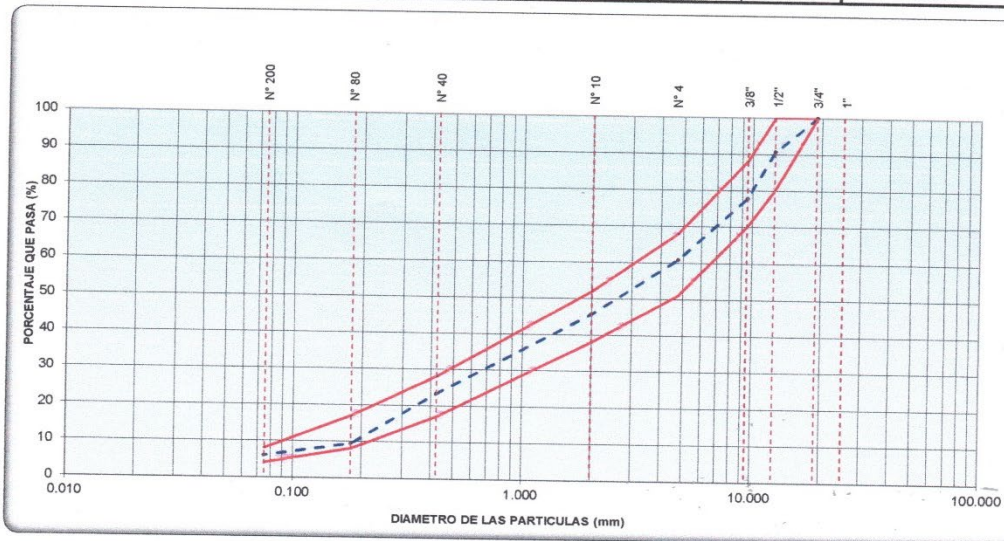

 Ayme Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614

COMBINACION DE AGREGADOS - MATERIALES PROCESADOS

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.
 Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel
 CONCEPTO : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
 CANTERA : H&G
 MUESTRA : DE ACOPIOS
 FECHA : Agosto -2022
 HECHO POR : A.A.H
 DISEÑO : MAC - 2

Abertura Malla	AASHTO T-27(mm)	Granometría de los Agregados					% Combinado que pasa	MAC - 2	
		Agregado (tri-terc)						MIN	MAX
		# 1 ARENA CHANCADA	# 1 ARENA ZARANDEADA Cerro Mocho	# 3 Arena Sta Cruz	# 4 GRAVA 3/4	# 5 FILLER			
1"	25.000								
3/4"	19.050				100.0	100.0	100	100	
1/2"	12.500	100.0	100.0	100.0	75.3	90.6	80	100	
3/8"	9.500	99.8	99.8	99.6	41.8	77.7	70	88	
N° 4	4.750	95.6	97.9	96.5	3.0	60.8	51	68	
N° 10	2.000	62.8	80.8	88.9	1.3	100.0	38	52	
N° 40	0.425	31.2	25.0	58.1	0.0	100.0	23.3	17	
N° 80	0.180	20.2	9.6	8.2	0.0	100.0	9.4	8	
N° 200	0.075	13.4	9.0	2.4	0.0	100.0	6.0	4	

COMBINACION					
ARENA	%	GRAVA	%		TOTAL
# 1 Arena Chancada	35.00	# 3 arena SANTA CRUZ	17.00		
# 1 (Arena Zarandeada)	10.00	# 4 Grava Trit. 3/4"	38.00		
Sub Total	45.00		55.00		100.00



OBSERVACIONES :

A.A.H.
 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090

Aymé Narvay Waldo Rusbel
 Aymé Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



ASOCIADOS S.A.C.

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicita :

Tesista Rivera
Figuroa Benjamin
Erick Joel

MEZCLA ASFÁLTICA MAC - 2

ESPECIFICACIONES MARSHALL	OPTIMA	ESPECIFICACION	EVALUACIÓN
OPTIMO CONTENIDO DE C.A.	5.8		PROPUESTA
PESO UNITARIO (grs/cc)	2.334		
VACÍOS (%)	4.5	3--5	APROBADO
V.M.A. (%)	16.9	MIN 14	APROBADO
VFA (%)	73.7		
FLUJO (mm)	3.6	2--4	APROBADO
ESTABILIDAD (kgs)	1206	MIN 815	APROBADO
INDICE DE RIGIDEZ (kgs/cm)	3385	1700--4000	APROBADO
DOSIFICACIÓN			
CEMENTO ASFÁLTICO	5.80	REFER SOLO A CURVA GRANUL	
ARENA CHANCADA CANTERA H&G	35.00	ARENAS	60.8
ARENA ZARANDEADA CERRO MOCHO	10.00		
PIEDRA CHANCADA 3/4" CANTERA H&G	38.00	PIEDRAS	39.2
ARENA ZARANDEADA SANTA CRUZ	17.00		
		%peso del C.A.	
TIPO DE CEMENTO ASFALTICO	60 - 70		

AAA
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Julian
Ayma Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



**COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA
EN CALIENTE
DISEÑO ASTM D-3515**

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

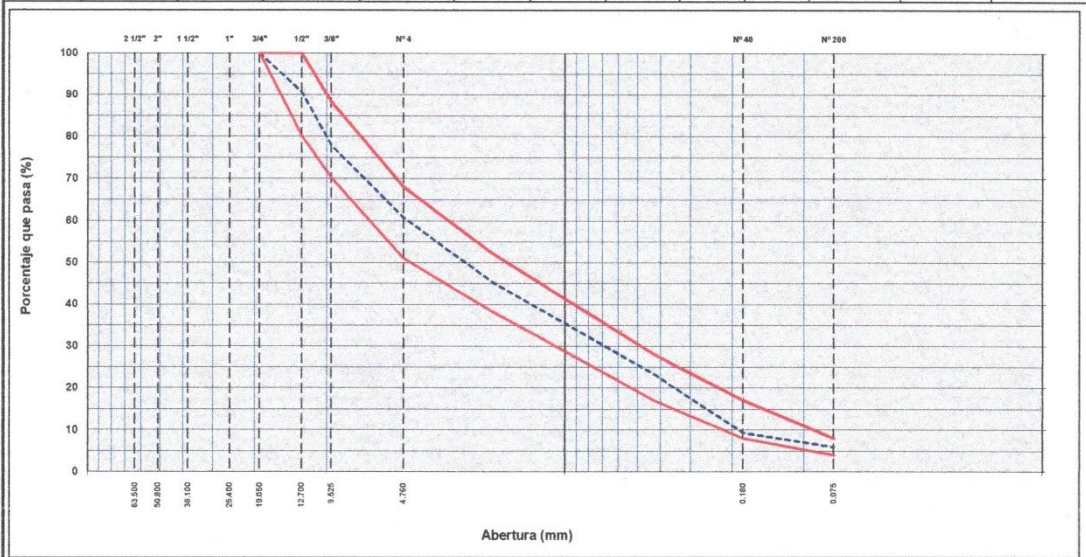
Elaborado Por : ALEXANDRO ANDRADE HURTADO

Fecha : Agosto -2022

Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick
Joel

N° Registro:

Tamices y aberturas (mm)	Fajas por agregados a intervenir					Mezcla de Agregados Para Asfalto				Resultados
	Grava 1/2"	Arena Chancada	Arena	Arena	Filler	Comb. Teórica	Especific.			
	H&G	H&G	Cerro Mocho	Santa Cruz			MC - 2			
	38.0%	35.0%	10.0%	17.0%	0.0%					
3/4"	19.05	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	100	100	ok	
1/2"	12.70	75.3	100.0	100.0	100.0	100.00	90.6	80	100	ok
3/8"	9.50	41.8	99.8	99.8	99.6	100.00	77.7	70	88	ok
# 4	4.76	3.0	95.6	97.9	96.5	100.00	60.8	51	68	ok
# 10	2.00	0.0	62.8	80.8	88.9	100.00	45.2	38	52	ok
# 40	0.43	0.0	31.2	25.0	58.1	100.00	23.3	17	28	ok
# 80	0.18	0.0	20.2	9.6	8.2	100.00	9.4	8	17	ok
# 200	0.075	0.0	13.4	9.0	2.4	100.00	6.0	4	8	ok



Observaciones:

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Marvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

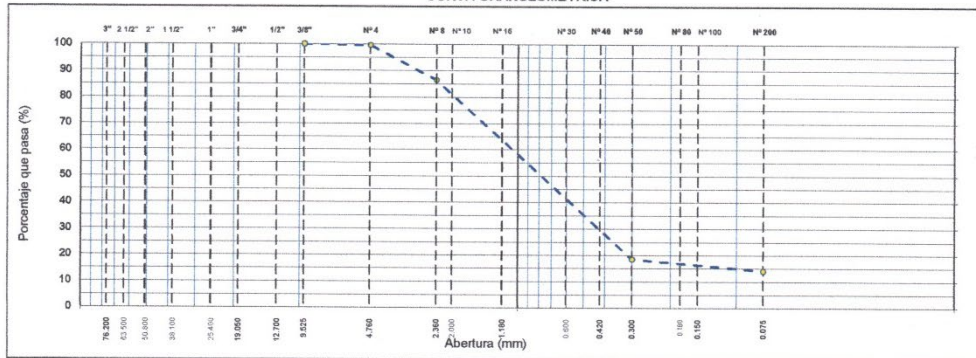
VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA:	Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022		
Ubicación:	PLANTA DE ASFALTO H&G	N° Registro:	02
Material:	Para diseño de mezcla asfáltica en caliente	Técnico:	Alexandro Andrade Hurtado
Acopio:	Muestreado en Acopio	Fecha:	Agosto -2022
Muestra:	Arena Zarandeada	Elaborado Por:	Alexandro Andrade Hurtado
CANTERA :	Cerro Mocho		

SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPEC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800						PESO TOTAL = 688.7 gr
6"	152.400						PESO LAVADO = gr
5"	127.000						PESO FINO = gr
4"	101.600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76.200						500.0 496.5 0.7%
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						% Grava = 0.4 %
1"	25.400						% Arena = 85.6 %
3/4"	19.050						% Fino = 14.1 %
1/2"	12.700				100.0		MÓDULO DE FINURA = 2.80 %
3/8"	9.525	2.1	0.4	0.4	99.6		EQUIV. DE ARENA = %
# 4	4.760	13.8	2.3	2.7	97.3		GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 8	2.360	77.7	13.2	13.6	86.4		P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 10	2.000	28.6	4.9	18.4	81.6		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 16	1.180	110.2	18.7	37.1	62.9		P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 30	0.600	163.9	27.8	65.0	35.0		Absorción = %
# 40	0.420	50.3	8.5	73.5	26.5		
# 50	0.300	47.0	8.0	81.5	18.5		OBSERVACIONES:
# 60	0.180	43.9	7.5	89.0	11.0		
# 100	0.150	6.2	1.1	82.6	17.5		
# 200	0.075	19.9	3.4	85.9	14.1		
< # 200	FONDO	25.1	4.3	90.2			
FINO		588.7					
TOTAL		588.7					

CURVA GRANULOMÉTRICA



TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Naryay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



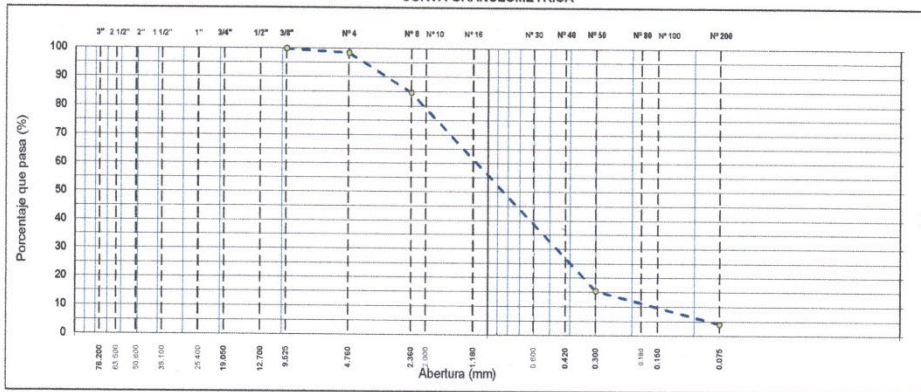
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA:	Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.		
Ubicación:	PLANTA DE ASFALTO H&G	N° Registro:	01
Solicita:	Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel	Técnico:	Alexandro Andrade Hurtado
Acopio:	Muestreado en Acopio	Fecha:	Agosto -2022
Muestra:	Arena Zarandeada	Elaborado Por:	Alexandro Andrade Hurtado
CANTERA:	Cerro Mocho		

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPEC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800						PESO TOTAL = 693.2 gr
6"	152.400						PESO LAVADO = gr
5"	127.000						PESO FINO = gr
4"	101.600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76.200						598.5 588.7 1.7%
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						% Grava = 1.6 %
1"	25.400						% Arena = 94.5 %
3/4"	19.050						% Fino = 3.9 %
1/2"	12.700				100.0		MÓDULO DE FINURA = 3.02 %
3/8"	9.525	1.4	0.2	0.2	99.8		EQUIV. DE ARENA = %
# 4	4.760	9.6	1.4	1.6	98.4		GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 8	2.360	95.1	13.7	15.3	84.7		P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 10	2.000	33.3	4.8	20.1	79.9		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 16	1.180	135.6	19.6	39.7	60.3		P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 30	0.600	197.1	28.4	68.1	31.9		Absorción = %
# 40	0.420	68.3	8.4	76.5	23.5		OBSERVACIONES:
# 50	0.300	55.9	8.1	84.6	15.4		
# 80	0.180	50.6	7.3	91.9	8.1		
# 100	0.150	6.9	1.0	92.9	7.1		
# 200	0.075	22.2	3.2	96.1	3.9		
< # 200	FONDO	27.2	3.9	100.0	0.0		
FINO		693.2					
TOTAL		693.2					

CURVA GRANULOMÉTRICA



TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

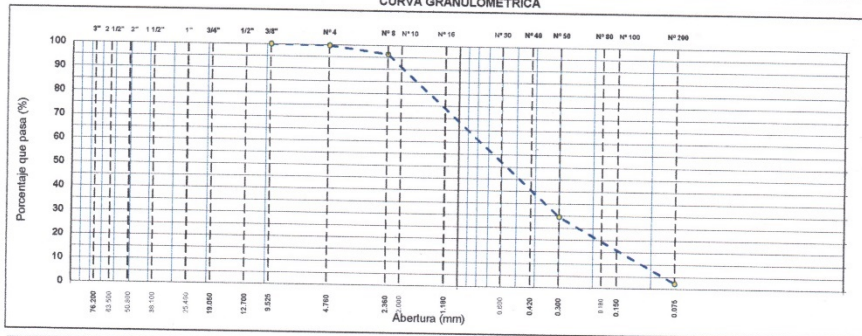
VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA:	Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022		
Ubicación:	PLANTA DE ASFALTO H&G	Nº Registro:	01
Material:	Para diseño de mezcla asfáltica en caliente	Técnico:	Alexandro Andrade Hurtado
Acopio:	Muestreado en Acopio	Fecha:	Agosto -2022
Muestra:	Arena Zarandeada	Elaborado Por:	Alexandro Andrade Hurtado
CANTERA:	Santa Cruz		

SOLICITA: Testista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel


TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPEC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800						PESO TOTAL = 627.2 gr
6"	152.400						PESO LAVADO = gr
5"	127.000						PESO FINO = gr
4"	101.600						% HUMEDAD P.S.H. = 636.2
3"	76.200						P.S.S. = 627.2
2 1/2"	63.500						% Humedad = 1.4%
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						% Grava = 3.7 %
3/4"	19.050						% Arena = 99.7 %
1/2"	12.700						% Fino = 2.3 %
3/8"	9.525	2.0	0.3	0.3	100.0		MÓDULO DE FINURA = 0.32 %
# 4	4.760	21.1	3.4	3.7	96.3		EQUIV. DE ARENA = %
# 8	2.360	43.6	7.0	10.6	89.4		GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 10	2.000	8.3	1.3	12.0	88.1		P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 16	1.180	23.4	3.7	15.7	84.3		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 30	0.600	76.2	12.2	27.8	72.2		P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 40	0.420	100.7	16.1	43.9	56.1		Absorción = %
# 50	0.300	186.9	26.6	70.5	29.5		OBSERVACIONES:
# 80	0.180	134.9	21.5	92.0	8.0		
# 100	0.150	12.1	1.9	93.9	6.1		
# 200	0.075	23.8	3.8	97.7	2.3		
< # 200	FONDO	14.3	2.3	100.0			
FINO		627.3					
TOTAL		627.2					

CURVA GRANULOMÉTRICA



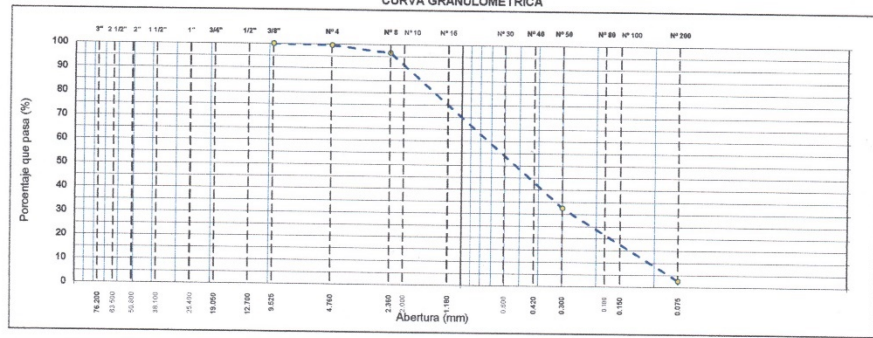
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090


Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614


	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88		VENTA DE AGREGADOS ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL R.U.C. 20548210772
	OBRA: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.		
Ubicación: PLANTA DE ASFALTO H&G	Nº Registro: 02	Técnico: Alexandro Andrade Hurtado	
Material: Para diseño de mezcla asfáltica en caliente	Fecha: Agosto -2022		
Acopio: Muestreado en Acopio	Elaborado Por: Alexandro Andrade Hurtado		
Muestra: Arena Zarandeada	CANTERA: Santa Cruz		
SOLICITA: Testista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel			

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPEC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800						PESO TOTAL = 672.0 gr
6"	152.400						PESO LAVADO = gr
5"	127.000						PESO FINO = gr
4"	101.600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76.200						682.8 672.0 1.6%
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						% Grava = 3.4 %
3/4"	19.050						% Arena = 99.5 %
1/2"	12.700				100.0		% Fino = 2.5 %
3/8"	9.525	3.1	0.5	0.5			MÓDULO DE FINURA = 0.46 %
# 4	4.760	20.0	3.0	3.4	96.6		EQUIV. DE ARENA = %
# 8	2.360	39.1	5.8	9.3	90.7		GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 10	2.000	7.9	1.2	10.4	89.6		P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 16	1.180	24.4	3.6	14.1	85.9		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 30	0.600	74.9	11.2	25.2	74.8		P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 40	0.420	98.9	14.7	39.9	60.1		Absorción = %
# 50	0.300	184.8	27.5	67.4	32.6		OBSERVACIONES:
# 80	0.180	162.5	24.2	91.6	8.4		
# 100	0.150	12.6	1.9	93.5	6.5		
# 200	0.075	26.8	4.0	97.5	2.5		
< # 200	FONDO	17.0	2.5	100.0			
FINO		672.0					
TOTAL		672.0					

CURVA GRANULOMÉTRICA




 TÉCNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alexandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayma Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Ubicación: PLANTA DE ASFALTO **N° Registro:**

Material: Para diseño de mezcla asfáltica en caliente **Técnico:** Alexandro Andrade Hurtado

Acopio: Muestreado en acopio **Fecha:** Agosto -2022

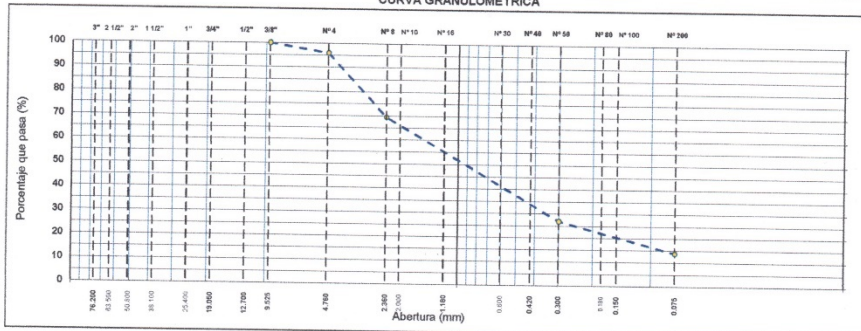
Muestra: Arena Triturada **Elaborado Por:** Alexandro Andrade Hurtado

CANTERA: H&G

SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPEC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800						PESO TOTAL = 659.8 gr
6"	152.400						PESO LAVADO = gr
5"	127.000						PESO FINO = 659.8 gr
4"	101.600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76.200						670.0 659.8 1.5%
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						% Grava = 4.1 %
1"	25.400						% Arena = 82.2 %
3/4"	19.050						% Fino = 13.8 %
1/2"	12.700						MÓDULO DE FINURA = 3.01 %
3/8"	9.525						EQUIV. DE ARENA = %
# 4	4.760	26.8	4.1	4.1	100.0		GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 8	2.360	175.4	26.6	30.6	69.4		P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 10	2.000	33.5	5.1	35.7	64.3		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 16	1.180	92.0	13.9	49.7	50.3		P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 30	0.600	90.3	13.7	63.4	36.7		Absorción = %
# 40	0.420	30.2	4.6	67.9	32.1		OBSERVACIONES:
# 50	0.300	34.5	5.2	73.2	26.8		
# 60	0.180	40.8	6.2	79.3	20.7		
# 100	0.150	8.3	1.3	80.6	19.4		
# 200	0.075	37.1	5.6	86.2	13.8		
< # 200	FONDO	90.9	13.8	100.0			
FINO		659.8					
TOTAL		659.8					

CURVA GRANULOMÉTRICA



TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusuel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Ubicación: PLANTA DE ASFALTO H&G **N° Registro:**

Materia: Para diseño de mezcla asfáltica en caliente **Técnico:** Alejandro Andrade Hurtado

Acopio: Muestreado en acopio **Fecha:** Agosto -2022

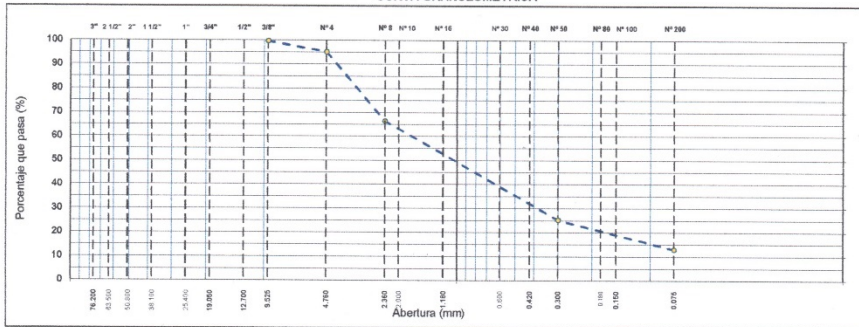
Muestra: Arena Triturada **Elaborado Por:** Alejandro Andrade Hurtado

Cantera: H&G

SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPEC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800						PESO TOTAL = 647.5 gr
6"	152.400						PESO LAVADO = gr
5"	127.000						PESO FINO = 647.5 gr
4"	101.600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76.200						658.0 647.5 1.6%
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						% Grava = 4.8 %
1"	25.400						% Arena = 82.3 %
3/4"	19.050						% Fino = 12.9 %
1/2"	12.700				100.0		MÓDULO DE FINURA = 3.13 %
3/8"	9.525	2.5	0.4	0.4	99.6		EQUIV. DE ARENA = %
# 4	4.760	28.7	4.4	4.8	95.2		GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 8	2.360	188.8	28.9	33.7	66.3		P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 10	2.000	32.8	5.1	38.7	61.3		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 16	1.180	87.7	13.5	52.3	47.7		P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 30	0.600	85.8	13.3	65.5	34.5		Absorción = %
# 40	0.420	27.6	4.3	69.8	30.2		OBSERVACIONES:
# 50	0.300	32.3	5.0	74.8	25.2		
# 80	0.180	36.5	5.6	80.4	19.6		
# 100	0.150	8.4	1.3	81.7	18.3		
# 200	0.075	34.8	5.4	87.1	12.9		
< 200	FONDO	83.6	12.9	100.0			
FINO		647.5					
TOTAL		647.5					

CURVA GRANULOMÉTRICA



TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alejandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio. Piura, 2022.

Solicita: Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

TÉCNICO A. A. H.

MATERIAL: Para diseño de mezcla asfáltica en caliente

FECHA Agosto -2022

MUESTRA: Agregado Grueso para Asfalto

HECHO POR A. A. H.

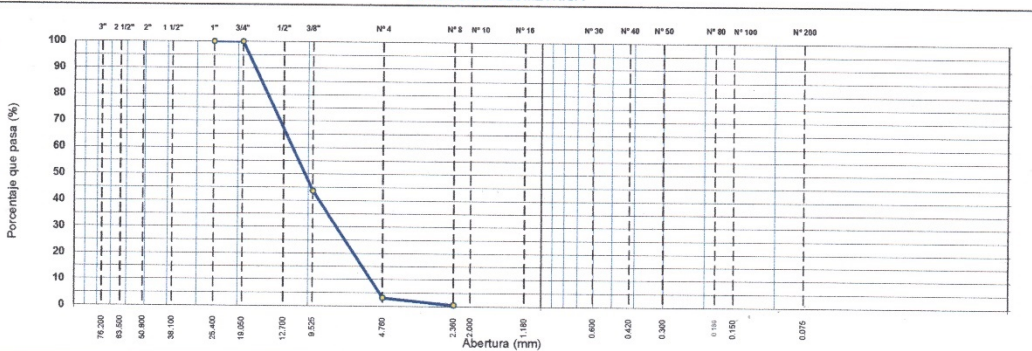
CANTERA: H&G

MUESTRA 1

CARRIL

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800					PESO TOTAL = 6.288,0 gr
6"	152.400					PESO LAVADO = 6288,0 gr
5"	127.000					PESO FINO = 170,0 gr
4"	101.600					% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76.200					500,0 496,0 0,8%
2 1/2"	63.500					Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado 200%
2"	50.800					500,0 499,3 0,14
1 1/2"	38.100					% Grava = 96,6 %
1"	25.400					% Arena = 3,2 %
3/4"	19.050				100,0	% Fino = 0,0 %
1/2"	12.700	1.384,0	22,0	22,0	78,0	MÓDULO DE FINURA = 6,53 %
3/8"	9.525	2.160,0	34,4	56,4	43,6	EQUIV. DE ARENA = %
# 4	4.750	2.544,0	40,5	96,8	3,2	GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 8	2.360	146,0	2,7	99,6	0,5	P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 10	2.000	24,0	0,4	100,0	0,0	P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 16	1.180					P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 30	0.600					Absorción = %
# 40	0.420					
# 50	0.300					OBSERVACIONES:
# 80	0.180					
# 100	0.150					
# 200	0.075					
< # 200	FONDO					
FINO		170,0				
TOTAL		6.288,0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel **TÉCNICO** A. A. H.

MATERIAL: Para diseño de mezcla asfáltica en caliente **FECHA** Agosto -2022

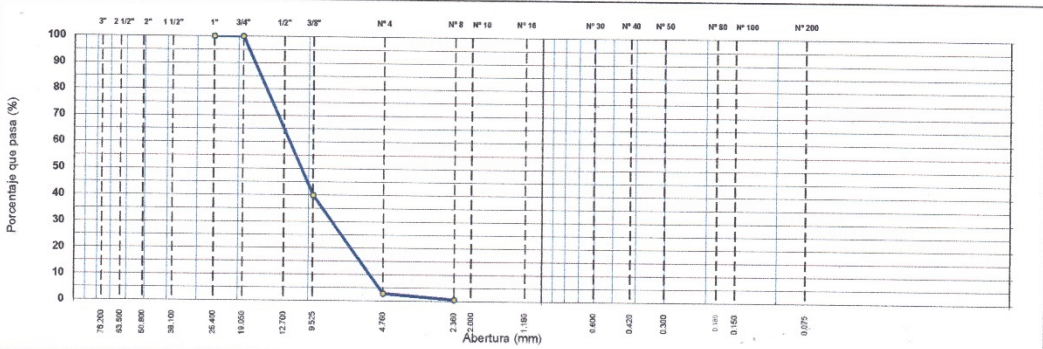
ACOPIO: Muestreo en Acopio **HECHO POR** A. A. H.

MUESTRA: Arena triturada **MUESTRA** 2

CANTERA: H&G

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800					PESO TOTAL = 6.310,0 gr
6"	152.400					PESO LAVADO = #REF! gr
5"	127.000					PESO FINO = 180,0 gr
4"	101.800					% HUMEDAD P.S.H. % Humedad
3"	76.200					500.0 P.S.S 495.8 0.85%
2 1/2"	63.500					Ensayo Malla #200 P.S Seco. P.S Lavado 200%
2"	50.800					500.0 498.2 0.16
1 1/2"	38.100					% Grava = 60.0 %
1"	25.400					% Arena = 40.0 %
3/4"	19.050				100.0	% Fino = 0.0 %
1/2"	12.700	1.728.0	27.4	27.4	72.6	MÓDULO DE FINURA = 2.57 %
3/8"	9.525	2.060.0	32.7	60.0	40.0	EQUIV. DE ARENA = %
# 4	4.760	2.342.0	37.1	97.2	2.8	GRAVEDAD ESPECÍFICA:
# 8	2.360	144.0	2.3	99.4	0.6	P.E. Bulk (Base Seca) = gr/cm ³
# 10	2.000	36.0	0.6	100.0		P.E. Bulk (Base Saturada) = gr/cm ³
# 16	1.180					P.E. Aparente (Base Seca) = gr/cm ³
# 30	0.600					Absorción = %
# 40	0.420					OBSERVACIONES:
# 50	0.300					
# 80	0.180					
# 100	0.150					
# 200	0.075					
< # 200	FONDO					
FINO		180.0				
TOTAL		6.310.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones

AAH
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymer
Aymer Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Material: Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente

Solicita: Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

Muestra: Mezcla de Agregados para Asfalto

38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G)
35 % Arena Chancada (Cantera H&G)
10 % Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho)
17 % Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz)

Técnico: A. A. H.

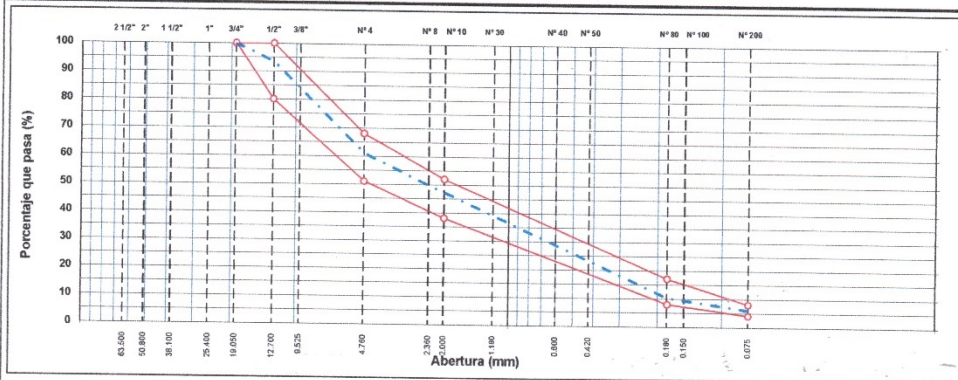
Hecho por: A. A. H.

Fecha: Agosto -2022

Certificado: 0.1

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC-2 PESO TOTAL = 5.000.0 gr
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO = 4704.8 gr
2"	50.800					PESO FINO = 517.8 gr
1 1/2"	38.100					LÍMITE LÍQUIDO = N.P. %
1"	25.400					LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %
3/4"	19.050				100.0	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %
1/2"	12.700	324.0	6.5	6.5	93.5	CLASF. AASHTO = 80 - 100
3/8"	9.525	618.8	12.4	18.9	81.1	CLASF. SUCCS = 70 - 88
1/4"	6.350					Ensayo Malla #200
# 4	4.750	999.7	20.0	38.9	61.2	P.S.Seco. = 500.0
# 8	2.360	97.3	11.5	50.3	49.7	P.S.Lavado = 492.2
# 10	2.000	20.3	2.4	52.7	47.3	% 200 = 1.56
# 16	1.180	57.0	6.7	59.5	40.5	% Grava = 38.9 %
# 30	0.600	82.2	9.7	69.2	30.8	% Arena = 55.2 %
# 40	0.420	46.5	5.5	74.7	25.3	% Fino = 5.9 %
# 80	0.180	127.7	15.1	89.8	10.3	% HUMEDAD = P.S.H. = 525.5
# 100	0.150	8.9	1.1	90.8	9.2	P.S.S = 517.8
# 200	0.075	27.9	3.3	94.1	5.9	% Humedad = 1.49%
< # 200	FONDO	50.0	5.9	100.0		OBSERVACIONES
FRACCIÓN		517.8				
TOTAL		5,000.0				
Descripción suelo:						

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10038711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



**GRAVEDAD ESPECÍFICA (PESO ESPECÍFICO) Y
ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS**
(NTP 400.022:2002)

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel

MATERIAL: Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente

CALICATA: N/A

MUESTRA: Agregado Fino para Asfalto

PROFUND. N/A

CANTERA: 35 % Arena Chancada (Cantera H&G)
10 % Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho)
17 % Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz)

UBICACIÓN: Mezcla de Agregados para Asfalto

TÉCNICO A. A. H.
FECHA Agosto -2022
HECHO POR A. A. H.

DATOS DE LA MUESTRA

GRAVEDAD ESPECÍFICA - AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	300.0	300.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	669.5	670.0		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	969.5	970.0		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	854.9	854.19		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	114.6	115.8		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	298.8	298.7		
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	113.4	114.51		
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.607	2.579		PROMEDIO
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.618	2.560		2.593
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.635	2.609		2.604
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.402	0.435		2.622
					0.42%

OBSERVACIONES:

MA
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymé
Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



LÍMITES DE ATTERBERG (TAMIZ N° 40)
NTP 339. 129: 1999

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

MATERIAL: Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente

SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel

MUESTRA: Agregado Fino Para Asfalto

PROFUND. N/A

CANTERA: 35 % Arena Chancada (Cantera H&G)
10 % Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho)
17 % Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz)

UBICACIÓN: Mezcla de Agregados para Asfalto

TÉCNICO A. A. H.

HECHO POR A. A. H.

FECHA Agosto -2022

CERTIFICADO 0.1

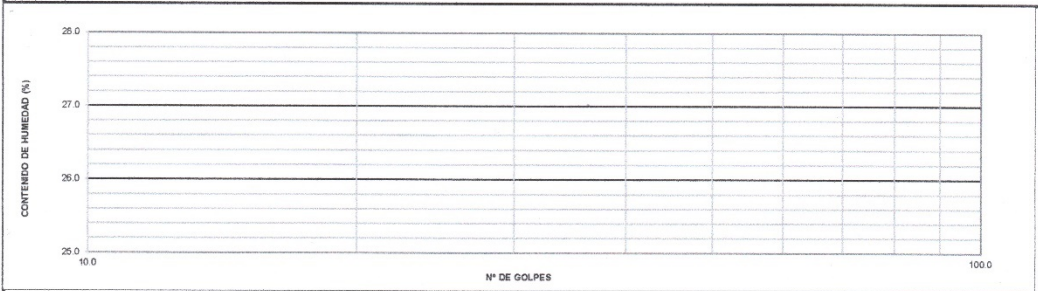
LÍMITE LÍQUIDO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA			N.P.	
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
N° DE GOLPES				

LÍMITE PLÁSTICO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				


DIAGRAMA DE FLUIDEZ




CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.	
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.	

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

	EQUIVALENTE DE ARENA NTP 339. 146: 2000	VENTA DE AGREGADOS ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL R.U.C. 20548210772		
OBRA Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.	HECHO POR A. A. H.			
MATERIAL Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente SOLICITA Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel MUESTRA Agregado Fino Para Asfalto PROFUND. N/A CANTERA 35 % Arena Chancada (Cantera H&G) 10 % Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho) 17 % Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz) UBICACIÓN Planta de Asfalto	Fecha: Agosto -2022			
AGREGADO FINO				
MUESTRA	IDENTIFICACIÓN			
	1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	15:00	15:02	15:04	
Hora de salida de saturación (más 10')	15:10	15:12	15:14	
Hora de entrada a decantación	15:12	15:14	15:16	
Hora de salida de decantación (más 20')	15:32	15:34	15:36	
Altura máxima de material fino [pulg]	4.70	4.85	4.80	
Altura máxima de la arena [pulg]	3.30	3.30	3.30	
Equivalente de arena [%]	71	71	72	
Equivalente de arena promedio [%]	71.3			
Resultado equivalente de arena [%]	72			
Observaciones	El agregado fino esta compuesto por 35% de Arena Chancada (Cantera H&G), 10% Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho), 17% Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz)			


 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Marvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

NTP 339.152: 2002

OBRA	: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.	TÉCNICO	: A. A. H.
SOLICITA	: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel	HECHO POR	: A. A. H.
MUESTRA	: Mezcla de Agregados para Asfalto	FECHA	: Agosto -2022
CANTERA	: 35 % Arena Chancada (Cantera H&G) 10 % Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho) 17 % Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz)		

AGREGADO FINO

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
ENSAYO N°					
(1) Peso muestra (gr)	105.40	140.70	115.20	112.20	0.135%
(2) Volumen aforo (ml)	500.04	500.01	500.09	500.60	
(3) Volumen alicuota (ml)	50.40	58.80	55.70	50.01	
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.02	0.01	0.02	0.02	
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0.188	0.060	0.156	0.178	

Observaciones	

AA
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymer
Aymer Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO
(MTC E 222-2000)

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

OBRA: **Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.**

SOLICITA: **Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel**

MATERIAL: **Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente**

MUESTRA: **Agregado Fino Para Asfalto**

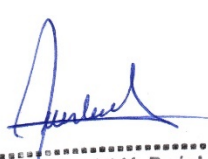
UBICACIÓN: **Planta de Asfalto**

N° REGISTRO **1**
TÉCNICO **A. A. H.**
FECHA **Agosto -2022**
HECHO POR **A. A. H.**

ENSAYO	N°	1	2	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	145.00	148.00	Min.40
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	100.00	100.00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G _{sp}	2.575	2.575	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	43.7	42.5	
PROMEDIO	%	43.1		

OBSERVACIONES:


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10038711090


Ayma Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89914



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO


NTP 400.016:1999


PROYECTO : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022. SOLICITA : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel MUESTRA : 35 % Arena Chancada (Cantera H&G) : 10 % Arena Zarandeada (Cantera Cerro Mocho) : 17 % Arena Zarandeada (Cantera Santa Cruz) UBICACIÓN : PLANTA DE ASFALTO	TÉCNICO : A. A. H. HECHO POR : A. A. H. FECHA : Agosto -2022
--	--

AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04						0.0	0.0	0.00	
N° 04	N° 08	19.2	100	100		88.50	11.5	11.5	2.21	
N° 08	N° 16	18.0	100	100		86.12	13.9	13.9	2.50	
N° 16	N° 30	15.5	100	100		87.96	12.0	12.0	1.87	
N° 30	N° 50	16.1	100	100		86.15	13.9	13.9	2.23	
N° 50	N° 100	10.4					0.0	0.0	0.00	
< N° 100		10.8					0.0	0.0	0.00	
TOTALES		90.0							8.80	

OBSERVACIONES:	Solución: Sulfato de Magnesio


 TÉCNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alexandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Harvey Waldo Rusbet
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



ASOCIADOS S.A.C.

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL

R.U.C. 20548210772

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS


NTP 339.152: 2002

OBRA	: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.	TÉCNICO	: A. A. H.
SOLICITA	: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel	HECHO POR	: A. A. H.
MUESTRA	: Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente	FECHA	: Agosto -2022
GRAVA	: 38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G)		

AGREGADO GRUESO

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
ENSAYO N°					
(1) Peso muestra (gr)	104.20	123.20	111.40	120.20	0.09%
(2) Volumen aforo (ml)	500.20	504.20	505.60	500.90	
(3) Volumen alicuota (ml)	51.10	58.80	55.20	50.09	
(4) Peso mesa cristalizada (gr)	0.01	0.01	0.01	0.01	
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1) / ((4) \times (2))))$	0.132	0.070	0.082	0.083	
Observaciones					


 TÉCNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Marway Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 80614



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NTP400. 021: 2002)

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20540210772

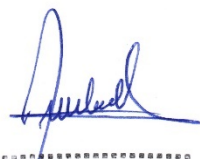
OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.
SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel TÉCNICO : A. A. H.
MATERIAL: Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente N/A FECHA : Agosto -2022
MUESTRA: Agregado Grueso Para Asfalto HECHO POR : A. A. H.
CANTERA: H&G
UBICACIÓN: Planta de Asfalto

DATOS DE LA MUESTRA
AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superficialmente seco al aire (gr)	684.4	763.1	
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	432.6	492.2	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)	251.8	280.9	
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	679.2	777.1	
E	Volumen de masa = C - (A - D) (cm ³)	246.6	284.9	
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.898	2.671	PROMEDIO
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.718	2.682	2.695
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.754	2.728	2.705
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.754	2.728	2.741
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.768	0.772	0.77%

OBSERVACIONES:


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alejandro Andrade Huitado
RUC 10036711090


Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772


ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)

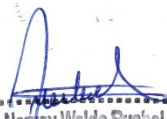
NTP 400.019: 2002

PROYECTO : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022. SOLICITA : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel MUESTRA : Mezcla de Agregados para Asfalto UBICACIÓN : Mezcla de Agregados para Asfalto MATERIAL : 38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G)	TECNICO : A. A. H. HECHO PO : A. A. H. FECHA : Agosto -2022
--	--

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"		2500.0		
1/2" - 3/8"		2500.0		
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total		5000.0		
(%) Retenido en la malla N° 12		4370.0		
(%) Que pasa en la malla N° 12		630.0		
N° de esferas		11		
Peso de las esferas (gr)		4584 ± 25		
% Desgaste		12.6%		

OBSERVACIONES	


 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alexandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Naray Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



ENSAYO DE ADHERENCIA AGREGADO GRUESO - BITUMEN
MTC E519-2000


VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

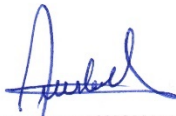
OBRA: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Plura, 2022.

MATERIAL: Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente
SOLICITA: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel
MUESTRA: Agregado Grueso Para Asfalto
CANTERA: H&G
UBICACIÓN: Planta de Asfalto

TÉCNICO A. A. H.
FECHA Agosto -2022
HECHO POR A. A. H.

AGREGADO GRUESO			
MUESTRA STRIPING	IDENTIFICACIÓN		
	1	2	PROMEDIO
RECUBRIMIENTO	97%	97%	
PORCENTAJE ESPECIFICADO (%)	95%	95%	
PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO	98%	98%	98%
Observaciones			


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090


Ayme Nayway Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
MTC E 210 - 2000

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

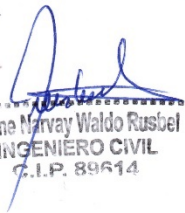
OBRA	Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.	
MATERIAL	Para Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente	TÉCNICO A. A. H.
SOLICITA	Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel	HECHO POR A. A. H.
MUESTRA	Agregado Grueso Para Asfalto 38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G)	FECHA Agosto -2022
CANTERA	H&G	
UBICACIÓN	Planta de Asfalto	

CON UNA CARA FRACTURADA							
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1200.0	1175.0	97.9	21.1	2061.1	
1/2"	3/8"	300.0	287.0	95.7	54.7	5228.2	
TOTAL		1500.0	1462.0		75.7	7289.3	96.3

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1200.0	1093.0	91.1	21.1	1917.3	
1/2"	3/8"	300.0	277.0	92.3	54.7	5046.0	
TOTAL		1500.0	1370.0		75.7	6963.3	92.0

OBSERVACIONES:


 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alejandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO

NTP 400.016:1998

PROYECTO : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022. SOLICITA : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel MUESTRA : 38 % Grava < 3/4" (Cantera H&G) UBICACIÓN : PLANTA DE ASFALTO	TÉCNICO : A. A. H. HECHO POR : A. A. H. FECHA : Agosto -2022
--	---

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	1 1/2"		5000±300							
1 1/2"	3/4"		5000±50							
3/4"	3/8"	54.1	670±10	670.00		645.23	24.8	3.70	2.00	
3/8"	N° 4	17.0	300±5	302.00		291.24	10.8	3.56	0.61	
TOTALES			71.1						2.61	

OBSERVACIONES:	Solución: Sulfato de Magnesio
	En la evaluación visual de las partículas después de culminar el ensayo, no se evidenciaron partículas rajadas, desmoronadas, fracturadas ni astilladas

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Nayway Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



**FORMATO DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

NTP 400.040:1999

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Cantera: H&G

Hecho Por: A. A. H.

Material: Piedra Chancada Para Asfalto

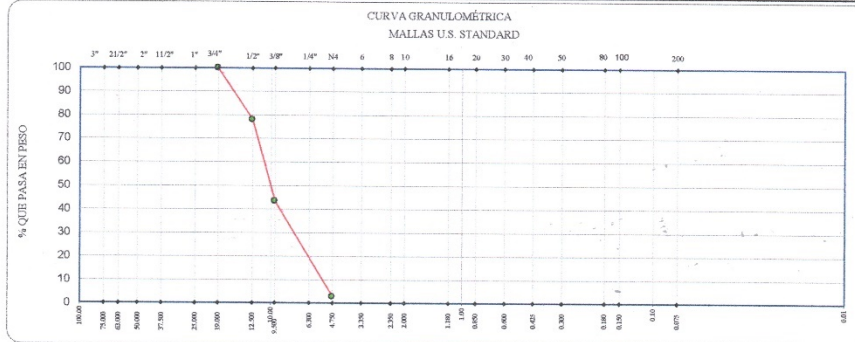
Solicita: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel

Fecha: Agosto - 2022

Muestra: 01

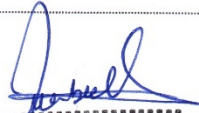
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones
3"	75.000					Peso Inicial (g.) 6258
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					OBSERVACIONES
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	1384.0	22.1	22.1	77.9	
3/8"	9.500	2160.0	34.5	56.6	43.4	
1/4"	6.300					
4	4.750	2544.0	40.7	97.3	2.7	
6	3.350					
8	2.350	170.0	2.7	100.0		
10	2.000					
16	1.180					
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425					
50	0.300					
80	0.180					
100	0.150					
200	0.075					
passa						

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA



OBSERVACIONES :


 TÉCNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alexandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090


 Ayme Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



FORMATO DE ENSAYO
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

NTP 400.040:1999

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Cantera: H&G

Hecho Por: A. A. H.

Material: Piedra Chancada Para Asfalto


solicita: Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel


Fecha: Agosto - 2022

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTICULAS	CHATAS y ALARGADAS		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800						
1 1/2"	38.100		-				
1"	25.400		-				
3/4"	19.000		-				
1/2"	12.700	1384.0	22.73	750.0	9.2	1.23	0.28
3/8"	9.500	2160.0	35.48	461.2	18.5	4.01	1.42
1/4"	4.750	2544.0	41.79	157.9	15.8	10.01	4.18
PESO TOTAL DE LA MUESTRA:		6088.0					

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 5.9

OBSERVACIONES:


TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alejandro Andrade Hurtado
RUC 10036711050


Aymé Marvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



ASOCIADOS S.A.C.

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL

R.U.C. 20548210772

GRUPOS DE ARCILLA Y PARTICULAS FRIABLES EN EL AGREGADO FINO
(NORMA MTC E-112, ASTM C-142, AASHTO T-112)

OBRA	:	Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.	CERTIFICADO
SOLICITA	:	Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel	TECNICO A.A.H.
MATERIAL	:	ARENA NATURAL 3/4"	
CANTERA	:	H&G	FECHA Agosto -22

Fracción		Peso Mínimo	Tamiz de	Peso de muestra	Pérdida Obtenida	Pérdida obtenida	Pérdida obtenida
Pasa	Retiene	(g)	Lavado	ensayada (g)	Muestra N° 1	Muestra N° 2	Muestra N° 3
N° 4	N° 16	100.00	N° 20	100.00	0.34	0.32	0.35

Promedio de Terrones de Arcilla y
Partículas Friables (%)
0.34

A.A.H.
 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alexandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
 Ayme Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614



ASOCIADOS S.A.C.

VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL

R.U.C. 20548210772

TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS FRIABLES EN EL AGREGADO GRUESO
(NORMA MTC E-112, ASTM C-142, AASHTO T-112)

Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido

OBRA : de Titanio, Piura, 2022.
SOLICITA : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel
MATERIAL : GRAVA CHANCADA DE 3/4"
UBICACIÓN : H&G

CERTIFICADO
TECNICO A.A.H.

FECHA Agosto - 2022

Fracción		Gradación Original %	Peso muestra Ensayada (g)	Peso Mínimo	Tamiz de Lavado	Peso Retenido (g) después del ensayo	Pérdida Total %	Pérdida Corregida %	
Pasa	Retiene								
2"	1 1/2"								
1 1/2"	3/4"	39.4	3008.0	3000.0	N° 4	2980.0	0.93	2.36	0.08
3/4"	3/8"	44.2	2003.0	2000.0	N° 4	2000.0	0.15	0.34	0.02
3/8"	N°4	14.1	1002.0	1000.0	N° 8	1001.0	0.10	0.71	0.07
TOTALES		97.7	6013.0			5981.0		3.41	0.17

Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables (%)	0.17
---	------

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

CARBON Y LIGNITO EN EL AGREGADO FINO
(NORMA MTC E-215, ASTM C-123 - 44, AASHTO T-113 - 45)

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

SOLICITA : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel
MATERIAL : Mezclas de las Arenas
UBICACIÓN : H&G

CERTIFICADO
TECNICO A.A.H.

FECHA Agosto -2022

T.M.N del Agregado		Peso Mínimo de muestra g	Peso Fracción ensayada (g)	Material Retenido	Saturación de Material	Peso Seco Retenido después del lavado	Partículas Livianas (%)	Promedio %	
N° Tamiz	Tamaño en (mm)								
Ensayo N°1									
			200.00	N° 50	24 Horas	0.26	0.130	0.28	
Ensayo N°2									
N° 4	4.75	200.0	200.00	N° 50	24 Horas	0.28	0.140		
			200.00	N° 50	24 Horas	0.30	0.150		

Agregado T.M.N.	N° 4
Solución ensayada	Cloruro de Zinc
Gravedad Especifica de la solución	2.00

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10035711090

[Signature]
4mo Harvey Waldo Rusbei
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

CARBON Y LIGNITO EN EL AGREGADO GRUESO
(NORMA MTC E-215, ASTM C-123 - 44, AASHTO T-113 - 45)

OBRA : **Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.**

CERTIFICADO

SOLICITA : **Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel**

MATERIAL : **Grava Chancada 3/4"**

UBICACIÓN : **H&G**

TECNICO A.A.H.

FECHA Agosto -2022

T.M.N del Agregado		Peso Mínimo de muestra (gr)	Peso Fracción ensayada (gr)	Material Retenido	Saturación del Material	Peso Seco Retenido después del lavado	Partículas Livianas (%)	Promedio %
N° Tamiz	Tamaño en (mm)							
3"	75.0	10000						0.056
2 ½"	63.0	-						
2"	50.0	-						
1 ½"	38.1	5000						
1"	25.0	-						
¾"	19.0	3000						
½"	12.5	-	3000.00	N° 4	24 Horas	0.5500	0.018	
3/8"	9.5	-						
N° 4	4.8	200						
			200.00	N° 4	24 Horas	0.3000	0.150	

Agregado T.M.N.	3/4"
Solución ensayada	Cloruro de Zinc
Gravedad Específica de la solución	2.00

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

[Firma]
Gyme Harvey Waldo Ruschel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20548210772

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG (MALLA N°200)
NTP 339.129:1999

MATERIAL	: Para diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente	N° REGISTRO	:
OBRA	: Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.	TÉCNICO	: A.A.H
SOLICITA	: Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel	FECHA	: Agosto -2022
		HECHO POR	: A.A.H

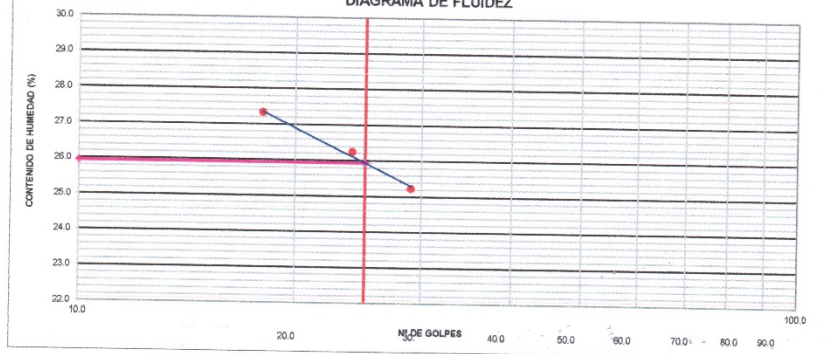
LÍMITE LÍQUIDO

N° TARRO	4	3	4
TARRO + SUELO HÚMEDO	50.45	54.33	52.55
TARRO + SUELO SECO	44.86	47.10	44.37
AGUA	5.59	7.23	8.18
PESO DEL TARRO	22.70	19.55	14.44
PESO DEL SUELO SECO	22.16	27.55	29.93
% DE HUMEDAD	25.23	26.24	27.33
N° DE GOLPES	29	24	18

LÍMITE PLÁSTICO

N° TARRO	13	12
TARRO + SUELO HÚMEDO	45.88	46.98
TARRO + SUELO SECO	40.72	41.88
AGUA	4.94	5.10
PESO DEL TARRO	19.88	20.66
PESO DEL SUELO SECO	20.84	21.22
% DE HUMEDAD	23.70	24.03

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	25.94
LÍMITE PLÁSTICO	23.87
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.07

OBSERVACIONES

 TÉCNICO LABORATORISTA CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS Alejandro Andrade Hurtado RUC 10036711090	 Arme Marvay Waldo Rusbel INGENIERO CIVIL C.I.P. 89614
---	---

INDICE DE DURABILIDAD
MTC E 214-2000

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.		
CLIENTE :	Tesis Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel		
CANTERA :	H&G	TECNICO :	A.A.H
MATERIAL :	PARA ASFALTO EN CALIENTE	FECHA :	Agosto -2022

AGREGADO FINO

MUESTRA : En Acopio de Cantera	IDENTIFICACION	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm					
Hora de entrada a saturación		12:38	12:41	12:44		
Hora de salida de saturación (mas 10")		12:48	12:51	12:54		
Hora de entrada a decantación		12:50	12:52	12:56		
Hora de salida de decantación (mas 20")		13:10	13:12	13:16		
Altura máxima de material fino	mm	4.40	4.30	4.30		
Altura máxima de la arena	mm	3.90	3.50	3.60		
Equivalente de Arena	%	89.0	82.0	84.0		85.0
						Esp.Tec. Min. 35%

AGREGADO GRUESO

MUESTRA : En Acopio de Cantera	IDENTIFICACION	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 200)	mm					
Hora de entrada a saturación		13:14	13:18	13:22		
Hora de salida de saturación (mas 10")		13:24	13:28	13:32		
Hora de entrada a decantación		13:26	13:30	13:34		
Hora de salida de decantación (mas 20")		13:46	13:50	13:54		
Altura de sedimentación en pulg.	mm	0.46	0.44	0.44		
Indice de durabilidad	mm	86	87	87		86.50
						Esp.Tec. Min. 35%

Observaciones:

AA
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

[Signature]
Ayma Marvay Waldo Rusbei
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



VENTA DE AGREGADOS
 ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
 CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
 R.U.C. 20548210772

**ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS
 (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)
 MTC E 220 - 2000**

OBRA : **Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.**

SOLICITA : **Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel**
 REFERENCIA DE LAS MUESTRAS

Muestra	Mezclas de las Arenas	Ligante Bituminoso
Cantera	Arena Chancada 35 %	Tipo de Asfalto PEN 60 - 70
Cantera	Arena Zarandeada (Cerro Mocho) 10 %	
Cantera	Arena Zarandeada (Santa Cruz) 17 %	
Fecha	Agosto -2022	

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA		0	NULO
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO
	M/128	2	NULO
	M/64	3	NULO
	M/32	4	NULO
	M/16	5	PARCIAL
	M/8	6	PARCIAL
	M/4	7	PARCIAL
	M/2	8	PARCIAL
M/1	9	PARCIAL	
			PARCIAL: 5
			TOTAL: 10

AA
 TECNICO LABORATORISTA
 CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Alexandro Andrade Hurtado
 RUC 10036711090

Aymer
 Aymer Narvay Waldo Rusbel
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 89614

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

EFFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS
ASTM D-4867-AASHTO T-283 - LOTTMAN MODIFICADO

DATOS DE LA MUESTRA

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.
SOLICITA : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel
MATERIAL : Para Diseño De Mezcla Asfáltica en Caliente
CANTERA : Grava < 3/4" (Cantera H&G); Arena Chancada (Cantera H&G);
Arena Natural (Cantera Cerro Mocho); Arena Natural (Cantera Santa Cruz)
TECNICO : A.A.H
FECHA : Agosto -2022
% C.A : 5.8%

ENSAYO		N°	4	5	6	1	2	3
			Grupo Saturado			Grupo Seco		
DIAMETRO	D	cm	10.21	10.16	10.16	10.16	10.17	10.16
ESPESOR	t	cm	6.87	6.75	6.78	6.76	6.75	6.78
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1221.4	1226.0	1224.2	1223.5	1221.5	1220.9
SSD DE LA MUESTRA	B	Gr.	1223.4	1230.5	1226.5	1226.8	1225.3	1221.7
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	C	Gr.	690.5	691.5	688.4	686.4	688.0	683.5
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	533.4	539.0	537.10	540.4	537.3	538.2
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.290	2.275	2.279	2.264	2.273	2.268
ASTM D-2041	G	Gr/c.c.	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	6.00	6.63	6.43	7.06	6.67	6.88
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	32.00	35.74	34.54	38.16	35.86	37.01

MUESTRA SATURADA EN VACIO 20.0 " Hg, 5 min a 25 °c

ENSAYO			4	5	6	1	2	3
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1240.5	1251.2	1247.5			
PESODE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	705.7	710.3	707.8			
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	534.8	540.9	539.7			
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	19.10	25.20	23.30			
SATURACION (100J' / I)		%	59.7	70.5	67.5			
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.26	0.35	0.48			

NO SE EJECUTA

CONDICION DE CONGELAMIENTO a -15 grados por 16horas

ENSAYO			4	5	6	1	2	3
DIAMETRO DE MUESTRA	K	cm						
ESPESOR DE MUESTRA	I	cm						
HINCHAMIENTO DIAMETRAL (100 (K - D) / D)	m	%						

NO SE EJECUTA

CONDICION DE SATURACION A 24 Hrs. A 80 °C, Baño María

ENSAYO			4	5	6	1	2	3
ESPESOR	t'	cm	6.63	6.70	6.70			
DIAMETRO DE MUESTRA	k'	cm	1244.10	1251.20	1255.00			
SSD DE LA MUESTRA	B''	Gr.	1244.8	1249.4	1256.9			
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C''	Gr.	702.8	705.0	706.7			
VOLUMEN (B'' - C'')	E''	c.c.	542.0	546.2	548.3			
VOL. AGUA DE ABSORCION (B'' - A)	J''	c.c.	22.70	23.40	30.80			
SATURACION (100J'' / I)		%	70.93	70.60	89.18			
HINCHAMIENTO 100(E'' - E) / E		%	1.48	1.34	2.09			

NO SE EJECUTA

ROTURA A TRACCION DIAMETRAL: MORDAZA LOTTMAN

ENSAYO			4	5	6	\bar{x}	575.0	571.0	580.0	\bar{x}
CARGA DE TRACCION INDIRECTA	P'	Kg	492.0	477.0	480.0					
RESISTENCIA SECA 2P / IDPI	S _t	Kg/cm ²					5.3	5.3	5.4	5.3
RESISTENCIA HUMEDA 2P' / I' D PI	S _{tm}	Kg/cm ²	0.04	0.04	0.04	0.04				
RESISTENCIA RETENIDA 'TSR 100 S _{tm} / S _t	TSR	%	84	85	85					
RESISTENCIA RETENIDA PROMEDIO	TSR prom	%					84.7			
DAÑOS EN LA MEZCLA										
ROTURA DE AGREGADOS										

Mezcla Asfáltica:		%
Grava 3/4" H&G		38.0%
Arena 3/8 Cantera Cerro Mocho		10.0%
Arena Triturada 3/8" H&G		35.0%
Arena 3/8 Cantera Sta Cruz		17.0%

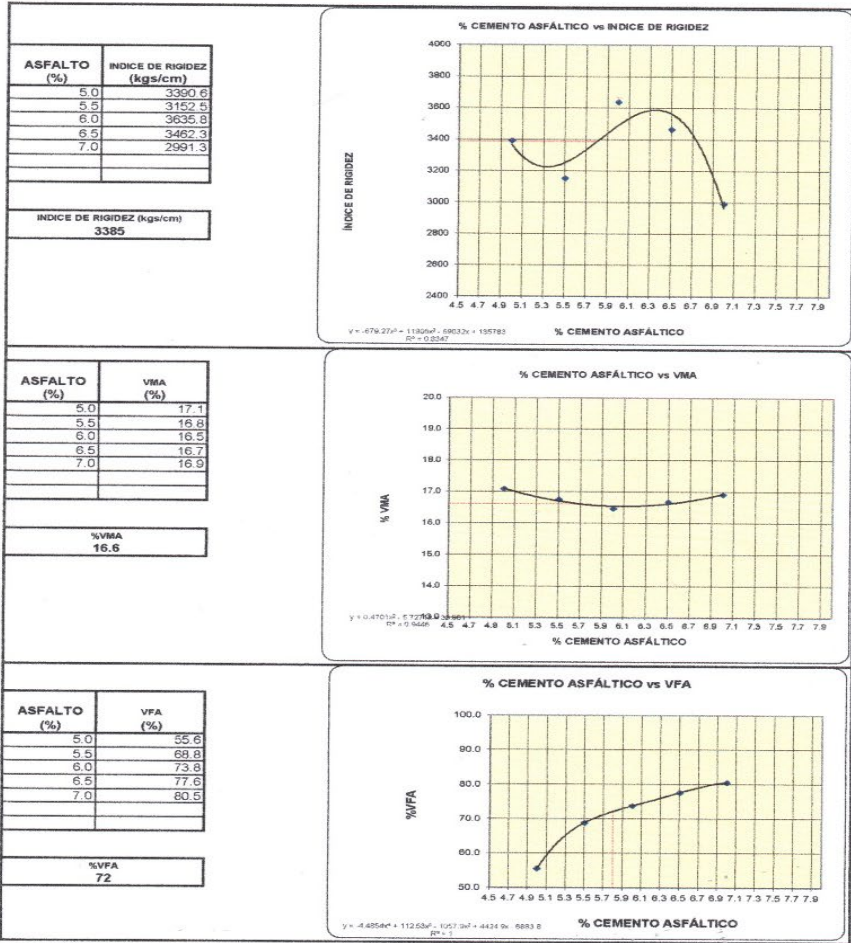
AAH
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Marvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

GRÁFICOS DEL ENSAYO MARSHALL



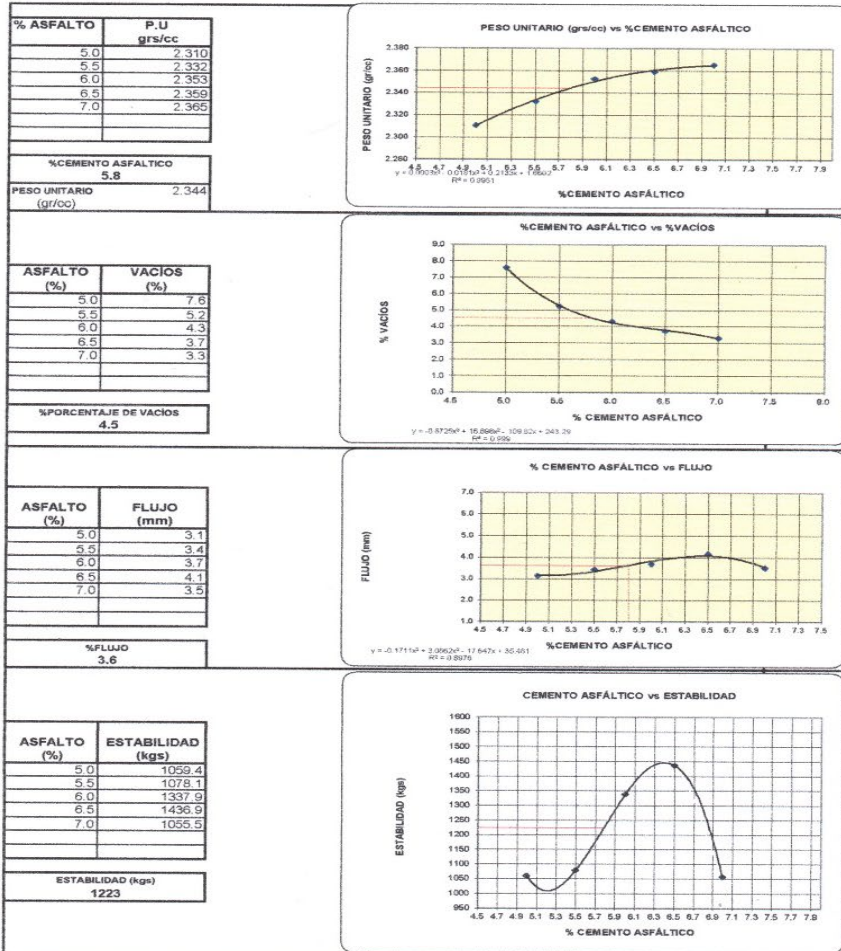
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymer
Aymer Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicitante : Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

GRÁFICOS DEL ENSAYO MARSHALL



MAH
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Joel
Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 80614

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

OPTIMA 5.8 %

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

DATOS DE LA MUESTRA

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

CONCEPTO : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

CANTERA : H&G

MUESTRA : DE ACOPIOS

FECHA : Agosto -2022
HECHO POR : A.A.H
TIPO DE C.A : 60 - 70
% DE C.A : 5.8

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfaltico en peso de la mezcla	5.80	5.80	5.80		5.80
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	36.93	36.93	36.93		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	57.27	57.27	57.27		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0.00	0.00	0.00	100.00	
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente	1.011	1.011	1.011		
6	Peso especifico agregado grueso - bulk	2.712	2.712	2.712		
7	Peso especifico agregado fino - bulk	2.607	2.607	2.607		
8	Peso especifico filler - aparente	0.000	0.000	0.000		
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1220.2	1224.4	1225.1		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1222.0	1225.8	1227.2		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	697.3	702.2	703.5		
12	Volumen de la briqueta por desplazam (10-11)	524.70	523.60	523.70		
13	Peso especifico bulk de la briqueta	2.326	2.338	2.339		2.334
14	Peso especifico maximo ASTM D-2041(RICE)	2.443	2.443	2.443		
15	% de vacios	4.8	4.3	4.3		4.5
16	Peso especifico bulk del agregado total	2.647	2.647	2.647		
17	% vacios en el agregado mineral (VMA)	17.25	16.79	16.76		16.9
18	% de vacios llenos con asfalto (VFA)	72.02	74.40	74.57		73.7
19	Peso especifico del agregado total	2.677	2.677	2.677		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.43	0.43	0.43		
21	% de asfalto efectivo	5.40	5.40	5.40		
22	Flujo (mm)	3.45	3.68	3.56		3.6
23	Lectura Celda de Carga Marshall	1200	1225	1193		
24	Estabilidad sin corregir (kgs)	1200	1225	1193		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida: (kgs)	1200	1225	1193		1206
27	Indice de rigidez: (kgs/cm)	3474	3326	3355		3385
28	Relación Polvo Asfato	1.11	1.11	1.11		1.11

OBSERVACIONES . .

PPH
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymeri
Aymeri Marín Waldo Ruschel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614



VENTA DE AGREGADOS
ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA
CONSTRUCCION DE OBRAS EN GENERAL
R.U.C. 20540210772

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

DATOS DE LA MUESTRA

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.
Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel
CONCEPTO : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
CANTERA : H&G
MUESTRA : DE ACOPIOS
FECHA : Agosto -2022
HECHO POR : A.A.H
TIPO DE C.A. : 60 - 70
% 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	37.24	37.24	37.24		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	57.76	57.76	57.76		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0.00	0.00	0.00		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1.011	1.011	1.011		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.712	2.712	2.712		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.607	2.607	2.607		
8	Peso específico filler - aparente	0.000	0.000	0.000		
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1226.2	1224.6	1223.4		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1227.6	1225.6	1225.0		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	696.9	695.4	695.6		
12	Volumen de la briqueta por desplazam (10-11)	530.70	530.20	529.40		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.311	2.310	2.311		2.310
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.500	2.500	2.500		
15	% de vacíos	7.6	7.6	7.6		7.6
16	Peso específico bulk del agregado total	2.647	2.647	2.647		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	17.08	17.11	17.07		17.1
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	55.59	55.47	55.64		55.6
19	Peso específico del agregado total	2.711	2.711	2.711		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.89	0.89	0.89		
21	% de asfalto efectivo	4.15	4.15	4.15		
22	Flujo (mm)	3.05	3.05	3.30		3.13
23	Lectura Celda de Carga Marshall	1161	1097	1053		
24	Estabilidad sin corregir (kgs)	1161	1097	1053		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	0.96	0.96	0.96		
26	Estabilidad corregida: (kgs)	1115	1053	1010		1059
27	Índice de rigidez: (kgs/cm)	3657	3455	3060		3391
28	Relación Polvo Asfalto	1.44	1.44	1.44		1.44

OBSERVACIONES :

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

DATOS DE LA MUESTRA

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

CONCEPTO : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

CANTERA : H&G

MUESTRA : DE ACOPIOS

FECHA : Agosto -2022

HECHO POR : A.A.H

TIPO DE C.A : 60 - 70

% 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	37.05	37.05	37.05		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	57.45	57.45	57.45		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla				100.00	
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1.011	1.011	1.011		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.712	2.712	2.712		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.607	2.607	2.607		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1219.3	1224.3	1218.8		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1222.1	1225.6	1220.4		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	699.9	700.2	697.5		
12	Volumen de la briqueta por desplazam (10-11)	522.20	525.40	522.90		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.335	2.330	2.331		2.332
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.461	2.461	2.461		
15	% de vacíos	5.1	5.3	5.3		5.2
16	Peso específico bulk del agregado total	2.647	2.647	2.647		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.65	16.81	16.79		16.8
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	69.30	68.47	68.58		68.8
19	Peso específico del agregado total	2.685	2.685	2.685		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.54	0.54	0.54		
21	% de asfalto efectivo	4.99	4.99	4.99		
22	Flujo (mm)	3.43	3.56	3.30		3.43
23	Lectura Celda de Carga Marshall	1162	1021	1186		
24	Estabilidad sin corregir (kgs)	1162	1021	1186		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	0.96	0.96	0.96		
26	Estabilidad corregida: (kgs)	1116	980	1139		1078
27	Índice de rigidez: (kgs/cm)	3253	2756	3448		3153
28	Relación Polvo Asfalto	1.20	1.20	1.20		1.20

OBSERVACIONES . :

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandre Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Aymo Naray Waldo Ruschel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

DATOS DE LA MUESTRA

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel

CONCEPTO : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

CANTERA : H&G

MUESTRA : DE AGOPIOS

FECHA : Agosto -2022

HECHO POR : A.A.H

TIPO DE C.A. : 60 - 70

% 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	36.85	36.85	36.85		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	57.15	57.15	57.15		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0.00	0.00	0.00	100.00	
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1.011	1.011	1.011		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.712	2.712	2.712		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.607	2.607	2.607		
8	Peso específico filler - aparente	0.000	0.000	0.000		
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1223.5	1217.7	1219.6		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1224.7	1218.8	1220.9		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	705.5	700.5	702.3		
12	Volumen de la briqueta por desplazam (10-11)	519.2	518.3	518.6		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.357	2.349	2.352		2.353
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.459	2.459	2.459		
15	% de vacíos	4.2	4.4	4.3		4.3
16	Peso específico bulk del agregado total	2.647	2.647	2.647		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.32	16.57	16.49		16.5
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	74.55	73.20	73.63		73.8
19	Peso específico del agregado total	2.706	2.706	2.706		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	0.83	0.83	0.83		
21	% de asfalto efectivo	5.22	5.22	5.22		
22	Flujo (mm)	3.56	3.68	3.81		3.68
23	Lectura Ceida de Carga Marshall	1430	1327	1424		
24	Estabilidad sin corregir (kgs)	1430	1327	1424		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	0.96	0.96	0.96		
26	Estabilidad corregida: (kgs)	1373	1274	1367		1338
27	Índice de rigidez: (kgs/cm)	3861	3459	3588		3636
28	Relación Polvo Asfalto	1.15	1.15	1.15		1.15

OBSERVACIONES :

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 85611

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

DATOS DE LA MUESTRA

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamin Erick Joel

CONCEPTO : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

FECHA : Agosto -2022

CANTERA : H&G

HECHO POR : A.A.H

MUESTRA : DE ACOPIOS

TIPO DE C.A. : 60 - 70

% 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	36.66	36.66	36.66		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.84	56.84	56.84		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0.00	0.00	0.00	100.00	
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1.011	1.011	1.011		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.712	2.712	2.712		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.607	2.607	2.607		
8	Peso específico filler - aparente	0.000	0.000	0.000		
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1218.8	1222.9	1216.6		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1220.1	1223.9	1217.6		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	703.2	705.4	702.3		
12	Volumen de la briqueta por desplazam (10-11)	516.90	518.50	515.30		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.358	2.359	2.361		2.359
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.451	2.451	2.451		
15	% de vacíos	3.8	3.8	3.7		3.7
16	Peso específico bulk del agregado total	2.647	2.647	2.647		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.72	16.70	16.61		16.7
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	77.38	77.50	77.98		77.6
19	Peso específico del agregado total	2.720	2.720	2.720		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	1.02	1.02	1.02		
21	% de asfalto efectivo	5.54	5.54	5.54		
22	Flujo (mm)	4.06	4.32	4.06		4.15
23	Lectura Celda de Carga Marshall	1259	1519	1583		
24	Estabilidad sin corregir (kgs)	1259	1519	1583		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	0.96	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida: (kgs)	1209	1519	1583		1437
27	Índice de rigidez: (kgs/cm)	2974	3518	3895		3462
28	Relación Polvo Asfalto	1.08	1.08	1.08		1.08

OBSERVACIONES :

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

DATOS DE LA MUESTRA

OBRA : Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.

Solicita : Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel

CONCEPTO : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

CANTERA : H&G

MUESTRA : DE ACOPIOS

FECHA : Agosto -2022

HECHO POR : A.A.H

TIPO DE C.A. : 60 - 70

% DE C.A. : 7.0

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	7.00	7.00	7.00		7.00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	36.46	36.46	36.46		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56.54	56.54	56.54		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0.00	0.00	0.00	100.00	
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1.011	1.011	1.011		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2.712	2.712	2.712		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2.607	2.607	2.607		
8	Peso específico filler - aparente	0.000	0.000	0.000		
9	Peso de la briqueta en el aire (grs)	1217.4	1221.9	1219.7		
10	Peso de la briqueta saturada (grs)	1217.8	1222.2	1220.1		
11	Peso de la briqueta en el agua (grs)	703.2	705.5	704.3		
12	Volumen de la briqueta por desplazam (10-11)	514.60	516.70	515.80		
13	Peso específico bulk de la briqueta	2.366	2.365	2.365		2.365
14	Peso específico máximo ASTM D-2041(RICE)	2.446	2.446	2.446		
15	% de vacíos	3.3	3.3	3.3		3.3
16	Peso específico bulk del agregado total	2.647	2.647	2.647		
17	% vacíos en el agregado mineral (VMA)	16.89	16.92	16.92		16.9
18	% de vacíos llenos con asfalto (VFA)	80.68	80.50	80.47		80.5
19	Peso específico del agregado total	2.738	2.738	2.738		
20	Asfalto absorbido por el agregado total	1.27	1.27	1.27		
21	% de asfalto efectivo	5.82	5.82	5.82		
22	Flujo (mm)	3.30	3.68	3.56		3.5
23	Lectura Celda de Carga Marshall	838	1152	1177		
24	Estabilidad sin corregir (kgs)	838	1152	1177		
25	Factor de estabilidad (Tabla)	1.00	1.00	1.00		
26	Estabilidad corregida: (kgs)	838	1152	1177		1055
27	Índice de rigidez: (kgs/cm)	2536	3128	3309		2991
28	Relación Polvo Asfalto	1.03	1.03	1.03		1.03

OBSERVACIONES :

TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10036711090

Ayme Marjaly Waldo Rusdel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE	
MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209	
OBRA :	Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio, Piura, 2022.
Solicita :	Tesista Rivera Figueroa Benjamín Erick Joel
CONCEPTO :	COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
CANTERA :	H&G
MUESTRA :	DE ACOPIOS
FECHA :	Agosto -2022
HECHO POR :	A.A.H
DISEÑO :	5.8

MEZCLA ASFALTICA

ENSAYO N°		01	02	03	04	05	
CEMENTO ASFALTICO	%	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	5.80
PESO DEL MATERIAL	gr	1226.60	1226.40	1227.10	1227.50	1225.20	1493.4
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	gr	7482.00	7482.00	7482.00	7482.00	7482.00	7482.00
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en aire)	gr	8708.60	8708.40	8709.10	8709.50	8707.20	8975.39
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en agua)	gr	8218.00	8210.00	8210.00	8208.60	8206.20	8364.20
VOLUMEN DEL MATERIAL	cc	490.60	498.40	499.10	500.90	501.00	611.19
PESO ESPECIFICO MAXIMO	gr/cc	2.500	2.461	2.459	2.451	2.446	2.443
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
GRAVA 3/4" CANTERA H&G	%	38.0%	38%	38%	38%	38%	38%
GRAVA ZARANDEADA CERRO MOCHO	%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%
ARENA TRITURADA CHANCADA 3/8"	%	35.0%	35%	35%	35%	35%	35%
GRAVA ZARANDEADA SANTA CRUZ	%	17.0%	17.0%	17.0%	17.0%	17.0%	17.0%
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	15	15	15	15	15	15
FACTOR DE CORRECCION							

AAH
TECNICO LABORATORISTA
CONCRETO - SUELOS Y PAVIMENTOS
Alexandro Andrade Hurtado
RUC 10030711099

[Signature]
Ayma Narvay Waldo Rusbel
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 89614

ANEXO 4: Análisis de costo unitarios

PARTIDA = PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA CONVENSIONAL, M3					
UNIDAD = m3					
CUADRILLA =					
	Técnico	Operario	Oficial	Peón	
	0.10	1	4	2	
RENDIMIENTO = 1080.00 m3/dia.					
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	PRECIO TOTAL
MATERIALES					250.70
PEN 60-70	glns	28.0000	7.03	196.84	
PIEDRA CHANCADA DE 1/2	m3	0.4200	40.00	16.80	
ARENA CHANCADA	m3	0.4600	55.00	25.30	
ARENA GRUESA	m3	0.1200	48.00	5.76	
ARENA FINA	m3	0.1200	50.00	6.00	
MANO DE OBRA					0.84
Técnico (0.10)	H. H.	0.0007	23.08	0.02	
Operario (1.00)	H. H.	0.0074	19.23	0.14	
Oficial (4.00)	H. H.	0.0296	15.94	0.47	
Peón (2.00)	H. H.	0.0148	14.33	0.21	
EQUIPO Y MAQUINARIA					5.40
PLANTA DE ASFALTO 180m3/h	H. M.	0.0074	500.00	3.70	
CARGADOR FRONTAL	H. M.	0.0074	180.00	1.33	
GRUPO ELECTROGENO	H. M.	0.0074	50.00	0.37	
COMBUSTIBLE DIESEL					4.15
PLANTA DE ASFALTO	glns	0.2593	14.00	3.63	
CARGADOR FRONTAL	glns	0.0296	14.00	0.41	
GRUPO ELECTROGENO	glns	0.0074	14.00	0.10	
COSTO TOTAL DE LA PARTIDA =					261.09

PARTIDA = PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA CON 2% DE DIOXIDO DE TITANIO, M3					
UNIDAD = m3					
CUADRILLA =					
	Técnico	Operario	Oficial	Peón	
	0.10	1	4	2	
RENDIMIENTO = 1080.00 m3/dia.					
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	PRECIO TOTAL
MATERIALES					1,252.70
PEN 60-70	glns	28.0000	7.03	196.84	
PIEDRA CHANCADA DE 1/2	m3	0.4200	40.00	16.80	
ARENA CHANCADA	m3	0.4600	55.00	25.30	
ARENA GRUESA	m3	0.1200	48.00	5.76	
DIOXIDO DE TITANIO 2%	kg	28.0000	36.00	1,008.00	
MANO DE OBRA					0.47
Técnico (0.10)	H. H.	0.0007	0.00	0.00	
Operario (1.00)	H. H.	0.0074	0.00	0.00	
Oficial (4.00)	H. H.	0.0296	15.94	0.47	
Peón (2.00)	H. H.	0.0148	0.00	0.00	
EQUIPO Y MAQUINARIA					5.40
PLANTA DE ASFALTO 180m3/h	H. M.	0.0074	500.00	3.70	
CARGADOR FRONTAL	H. M.	0.0074	180.00	1.33	
GRUPO ELECTROGENO	H. M.	0.0074	50.00	0.37	
COMBUSTIBLE DIESEL					4.15
PLANTA DE ASFALTO	glns	0.2593	14.00	3.63	
CARGADOR FRONTAL	glns	0.0296	14.00	0.41	
GRUPO ELECTROGENO	glns	0.0074	14.00	0.10	
COSTO TOTAL DE LA PARTIDA =					1,262.72

ANEXO 5: Panel fotográfico

Foto N°1: Obtención de agregado fino. Arena Cerro Mocho.



Fuente: Elaboración propia

Foto N°2: Obtención de agregado fino, Arena de río Santa cruz.



Fuente: Elaboración propia

Foto N°3: Obtención de agregado grueso, piedra Sojo, Cantera H & G.



Fuente: Elaboración propia

Foto N°4: Obtención de Arena chanchada Sojo, Cantera H & G.



Fuente: Elaboración propia

Foto N°5: Agregados empleados en los ensayos.



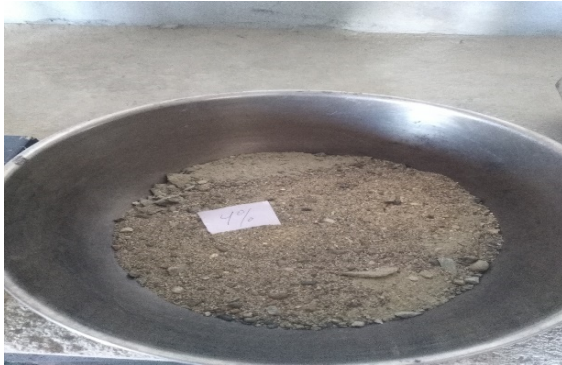
Fuente: Elaboración Propia

Foto N°06: Peso de los



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°7: Combinación de los agregados.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°8: Horno empleado para calentar los agregados y moldes.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°9: Agregado en proceso de calentamiento sin Dióxido de Titanio.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°10: Verificación de la temperatura del Pen 60/70.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°11: Verificación de la temperatura de los agregados.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°12: Combinación Pen 60/70 y agregados.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°13: Mezcla Pen 60/70 y agregados.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°14: Adición de 4% de Dióxido de titanio 47.1gr.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°15: Adición de 2% de Dióxido de titanio 23.5 gr.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°16: Adición de 8% de Dióxido de titanio 94.2gr.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°17: Mezcla del asfalto y Dióxido de titanio.



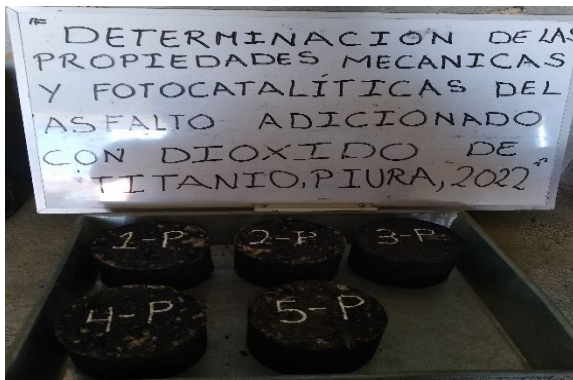
Fuente: Elaboración Propia

Foto N°18: Compactación de las muestras.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°19: Muestras patrón.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°20: Muestras con 2% de Dióxido de titanio.



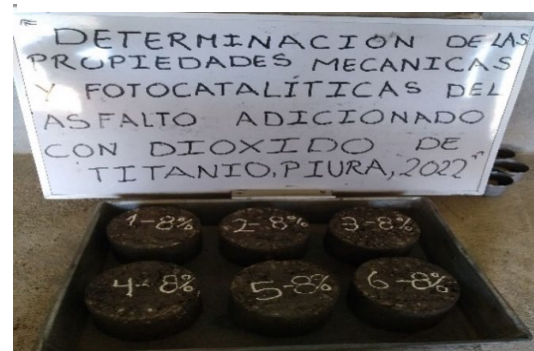
Fuente: Elaboración Propia

Foto N°21: Muestras con 4% de Dióxido de titanio.



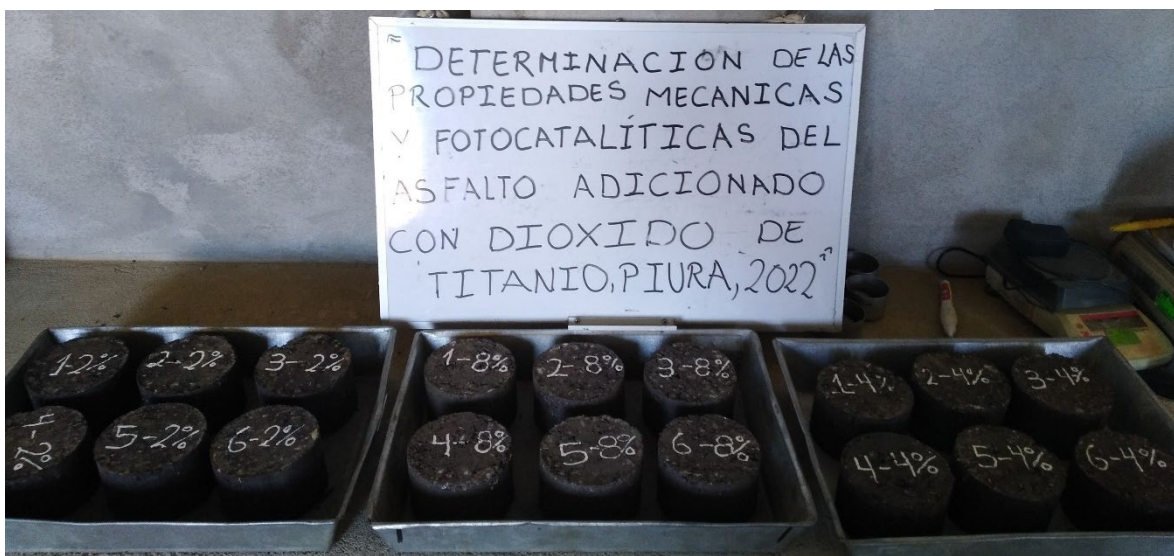
Fuente: Elaboración Propia

Foto N°22: Muestras con 8% de Dióxido de titanio.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°23: muestras adicionadas con Dióxido de titanio al 2, 4 y 8%.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°24: Muestras sumergidas en agua durante 15 min.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°25: Pesaje de muestras saturadas



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°26: Muestras sumergidas en agua a 60°C durante 30 min.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°27: Colocación de las muestras en las mordazas.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°28: Rotura de muestras



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°29: Muestras con numeración 1, 2 y 3 de los grupos 2%, 4%, 8% y patrón.



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°30: Muestras con rodamina



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°31: Peso de rodamina B



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°32: Rodamina B



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°33: Rodamina B diluida en agua destilada



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°32: Muestras con rodamina B, en exposición a los rayos UV del sol



Fuente: Elaboración Propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con dióxido de titanio, Piura, 2022", cuyo autor es RIVERA FIGUEROA BENJAMIN ERICK JOEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

PIURA, 05 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO DNI: 70407573 ORCID: 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 17-12- 2022 13:06:34

Código documento Trilce: TRI - 0474409