



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Efecto del vidrio molido reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera La Soledad

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Melendrez Caucha, Jidalte (ORCID: 0000-0001-9676-3931)

Pinedo Pinedo, Wilson Angel (ORCID: 0000-0002-8605-6632)

ASESOR:

Mg. Luis Alberto Horna Araujo (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y darme las fuerzas para poder lograr mis metas, a mis padres que desde el cielo me cuidan cada día de mi vida, a mi hermana Irma Melendrez Caucha por el apoyo incondicional y consejos brindados, a mis hermanos que fueron el pilar fundamental para llegar a culminar con éxito esta carrera.

Jidalte M.C

El presente trabajo de investigación principalmente lo dedico a Dios, por ser el inspirador, por guiarme a lo largo de mi existencia, por derramar su bendición y darme fuerza para continuar en el proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Wilson Pinedo y Mercedes Pinedo, por su amor brindado, el trabajo y sacrificio durante todos estos años, gracias a ustedes logre llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido y seguirá siendo un orgullo y privilegio ser su hijo.

A mi hermana Liz Pinedo, por su cariño y estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral que me brindo durante todo este periodo.

Wilson A. Pinedo Pinedo

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la salud y fuerzas necesarias, permitiéndonos concluir con éxito esta carrera universitaria llegando alcanzar nuestra primera meta y ser el principal motivador para continuar de pie cada día.

Gracias a nuestros padres y familiares, que fueron nuestros mayores promotores durante este proceso.

Gracias a nuestra alma mater Universidad Cesar Vallejo, gracias por haberme permitido formarme y en ella, gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

De manera especial al Ing. Alan Yodan Valdivieso Velarde, Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova y Ing. Luis Alberto Horna Araujo por el apoyo brindado y orientación para lograr terminar nuestra tesis.

PÁGINA DEL JURADO

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jidalte Melendrez Caucha y Wilson Angel Pinedo Pinedo, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N° 47901006 y 70427646; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

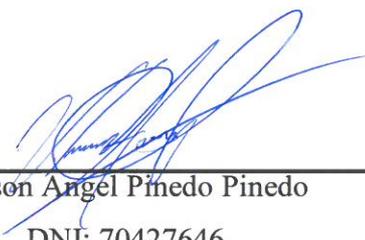
En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, viernes 05 de junio de 2020



Jidalte Melendrez Caucha

DNI: 47901006



Wilson Angel Pinedo Pinedo

DNI: 70427646

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| PÁGINA DEL JURADO..... | iv |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD..... | vi |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE CUADROS | ix |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MÉTODO | 13 |
| 2.1 Tipo y Diseño de Investigación | 13 |
| 2.2 Operacionalización de Variables..... | 14 |
| 2.3 Población, Muestra y Muestreo | 15 |
| 2.4 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos, Validez Y Confiabilidad | 15 |
| 2.5 Procedimiento | 15 |
| 2.5.1. Ensayo De Agregados..... | 15 |
| 2.6 Métodos De Análisis De Datos..... | 24 |
| 2.7 Aspectos Éticos | 24 |
| III. RESULTADOS | 25 |
| 3.1 Propiedades Del Agregado Fino Y Grueso | 25 |
| 3.2 Diseño De Mezcla Asfáltica Tradicional Método Marshall | 25 |
| 3.2.1 Elaboración De Especímenes..... | 25 |
| 3.2.2 Determinación Del Peso Específico Aparente Y Peso Unitario (Densidad Bulk) | 26 |
| 3.2.3 Especímenes Cubiertos Sin Parafina | 27 |
| 3.2.4 Especímenes Saturados Con Superficie Seca (Sin Recubrimiento De Parafina) Especímenes Que Contienen Humedad..... | 28 |
| 3.2.5 Especímenes Secos..... | 28 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.2.6 | Especímenes Sin Recubrimiento De Parafina Y Con Dimensiones Uniformes | 29 |
| 3.2.7 | Peso Específico Teórico Máximo (Rice) | 30 |
| 3.2.8 | Cálculo Del Porcentaje De Vacíos De Aire | 30 |
| 3.2.9 | Porcentaje De Vacíos De Agregados | 30 |
| 3.2.10 | Volumen Efectivo Del Asfalto | 31 |
| 3.2.11 | Ensayo De Estabilidad Y Flujo | 31 |
| 3.2.12 | Materiales Y Dosificación Para La Fabricación De Mezcla Asfáltica | 31 |
| 3.3 | Diseño De Mezcla Asfáltica Modificada Con Vidrio Molido Reciclado Método Marshall | 40 |
| 3.4 | Resistencia Al Desgaste, Máquina Los Ángeles | 47 |
| 3.5 | Comparación De La Mezcla Asfáltica Tradicional Con La Mezcla Asfáltica Modificada | 49 |
| | IV. DISCUSIÓN | 55 |
| | V. CONCLUSIONES | 57 |
| | VII. RECOMENDACIONES | 58 |
| | VIII. REFERENCIAS | 59 |
| | ANEXOS | 62 |
| | PANEL FOTOGRÁFICO | 106 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| CUADRO 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 14 |
| CUADRO 2. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA DEL AGREGADO..... | 16 |
| CUADRO 3. PARÁMETROS DE CUMPLIMIENTO PARA MEZCLA ASFÁLTICA..... | 16 |
| CUADRO 4. MUESTRA MÍNIMA PARA ENSAYO | 17 |
| CUADRO 5. MÁXIMO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN..... | 17 |
| CUADRO 6. GRADUACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO | 18 |
| CUADRO 7. MUESTRA MÍNIMA PARA ENSAYO, AGREGADO GRUESO | 19 |
| CUADRO 8. MUESTRA PARA DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO..... | 19 |
| CUADRO 9. PORCENTAJE MÁXIMO DE DURABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO..... | 20 |
| CUADRO 10. PORCENTAJE MÁXIMO DE DURABILIDAD PARA AGREGADO FINO | 20 |
| CUADRO 11. CANTIDAD DE MUESTRA PARA ENSAYO..... | 21 |
| CUADRO 12. MUESTRA REQUERIDA PARA ENSAYO | 21 |
| CUADRO 13. PORCENTAJE MÁXIMO PERMITIDO (SALES SOLUBLES). | 21 |
| CUADRO 14. OBTENCIÓN DE MUESTRA DE ENSAYO | 22 |
| CUADRO 15. MÁXIMO PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS | 22 |
| CUADRO 16. PORCENTAJES MÍNIMOS PARA EQUIVALENTE DE ARENA | 23 |
| CUADRO 17. ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA..... | 23 |
| CUADRO 18. ANGULARIDAD DE AGREGADO FINO, VALORES MÍNIMOS..... | 24 |
| CUADRO 19. PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO. | 25 |
| CUADRO 20. DOSIFICACIÓN PARA MEZCLA CONVENCIONAL | 31 |
| CUADRO 21. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE TRADICIONAL CON 5.5% DE CEMENTO ASFÁLTICO. | 32 |
| CUADRO 22. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 6.00% DE ADICIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO. | 33 |
| CUADRO 23. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 6.50% DE CEMENTOS ASFÁLTICO..... | 34 |
| CUADRO 24. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 7.00% DE CEMENTO ASFÁLTICO. | 35 |
| CUADRO 25. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 7.50% DE CEMENTO ASFÁLTICO. | 36 |
| CUADRO 26. RESULTADO ESTABILIDAD A DIFERENTES PORCENTAJES DE C.A. | 37 |
| CUADRO 27. RESULTADOS PESO UNITARIO A DIFERENTES PORCENTAJES DE C.A. | 37 |

| | |
|---|-----|
| CUADRO 28. RESULTADOS % DE VACÍOS A DIFERENTES PORCENTAJES DE C.A | 38 |
| CUADRO 29. RESULTADOS DE FLUJO A DIFERENTES PORCENTAJES DE C.A..... | 38 |
| CUADRO 30. RESULTADOS DE V.M.A. A DIFERENTES PORCENTAJES DE C.A. | 39 |
| CUADRO 31. DOSIFICACIÓN PARA MEZCLA MODIFICADA | 40 |
| CUADRO 32. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ADICIÓN DEL 10% DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO..... | 41 |
| CUADRO 33. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON ADICIÓN DEL 15% DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO..... | 42 |
| CUADRO 34. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON LA ADICIÓN DEL 20% DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO. | 43 |
| CUADRO 35. RESULTADOS ESTABILIDAD A DIFERENTES PORCENTAJES DE VIDRIO MOLIDO. | 44 |
| CUADRO 36. RESULTADOS DE PESO UNITARIO A DIFERENTES PORCENTAJES DE VIDRIO MOLIDO. | 44 |
| CUADRO 37. RESULTADOS DE % DE VACÍOS A DIFERENTES PORCENTAJES DE VIDRIO MOLIDO. | 45 |
| CUADRO 38. RESULTADOS DE FLUJO A DIFERENTES PORCENTAJES DE VIDRIO MOLIDO..... | 45 |
| CUADRO 39. RESULTADOS DE % DE V.M.A A DIFERENTES PORCENTAJES DE VIDRIO MOLIDO..... | 46 |
| CUADRO 40. COMPARACIÓN MEZCLA CONVENCIONAL CON MEZCLA MODIFICADA | 47 |
| CUADRO 41. RESULTADO DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE..... | 48 |
| CUADRO 42. ANÁLISIS DE SHAPIRO-WILK. | 52 |
| CUADRO 43. ANÁLISIS DE ANOVA..... | 53 |
| CUADRO 44. ANÁLISIS HSD TUKEY. | 53 |
| CUADRO 45. ESTADO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA A DICIEMBRE DE 2017..... | 103 |
| CUADRO 46. SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO ASFÁLTICO | 104 |
| CUADRO 47. ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO..... | 104 |
| CUADRO 48. MASA DE CARGA SEGÚN GRADACIÓN. | 104 |
| CUADRO 49. ENSAYO DE AGREGADO FINO. | 105 |
| CUADRO 50. REQUISITOS PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. | 105 |
| CUADRO 51. VACÍOS MÍNIMOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA). | 105 |

RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación fue de tipo experimental para elaborar la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación del vidrio molido reciclado, su finalidad es ayudar en el comportamiento ante un posible efecto de circulación en la vía, se analizó el efecto que produce el vidrio reciclado molido en diseño de mezclas asfáltica para el cual se realizaron los respectivos ensayos como el método Marshall, resistencia al desgaste, para así poder determinar el promedio del porcentaje de desgaste que se produce al incorporar el vidrio molido reciclado en las briquetas. Para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente se emplearon materiales como (cemento asfáltico PEN 85/100), agregados extraídos de la cantera La Soledad en el Distrito de Chicama, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, para el cual se realizaron los respectivos ensayos de laboratorio para determinar las características que estos presentan, como análisis granulométrico, partículas chatas y alargadas, abrasión los ángeles, entre otros. Teniendo como porcentaje de agregados a utilizar de 50 % para el agregado fino, 48 % de agregado grueso y 2 % de cal hidráulica, con diferentes porcentajes de cemento asfáltico de 5.5 %, 6.0 %, 6.5 %, 7.0 % y 7.5 %, para la respectiva elaboración de la mezcla asfáltica, se realizó el diseño por el método Marshall, el cual fueron ensayados según los parámetros de la norma (MTC E-504), logrando obtener un porcentaje óptimo de cemento asfáltico del 6.3 % y logrando alcanzar una estabilidad de 1240 kg, con un flujo de 3.3 mm, y en comparación con la mezcla asfáltica modificada con la incorporación de porcentajes de vidrio molido reciclado de 10 %, 15 % y 20 %, se tiene estabilidad 1154kg, 1271 kg y 1141 kg y un flujo de 3.95 mm, 3.20 mm y 3.46 mm respectivamente, el resultado más obtenido en la curva es de 1278 kg para estabilidad y 3.21 mm para el flujo, y finalmente los resultados del ensayo de resistencia al desgaste de acuerdo a la norma (ASTM C 5335 y MTC E-515), para lo cual los porcentajes de incorporación de vidrio molido reciclado en 10 %, 15 % y 20%, fueron de 15.13 %, 17.52% y 20.60% respectivamente, con un grupo control sin incorporación de vidrio molido y con un porcentaje óptimo de cemento asfáltico del 6.3%, la mezcla modificada a mayor adición de vidrio molido reciclado la durabilidad disminuye para esta investigación.

Palabras clave: Mezcla asfáltica modificada, vidrio molido reciclado, resistencia al desgaste.

ABSTRACT

The development of the present investigation was experimental in order to prepare the hot asphalt mixture with the incorporation of recycled ground glass, its purpose is to help in the behavior before a possible circulation effect on the road. The effect of the recycled ground glass in the preparation of the hot asphalt mixture is analyzed for which the respective tests such as the Marshall method were performed, wear resistance, in order to determine the average percentage of wear that occurs when the recycled ground glass is incorporated into the briquettes. Materials such as asphalt cement were used to design the hot asphalt mixture. PEN 85/100, adds those extracted from the quarry, the solitude in the District of Chicama Province of Trujillo, Region of Freedom; for which the respective laboratory tests will be carried out, to determine the characteristics that are present, such as granulometry analysis or, flat and elongated particles Abrasion of angels among others. Having as percentage of aggregates to be used of 50% for fine aggregate, 48% of coarse aggregates and 2% of hydraulic lime with different percentages of asphalt cement of 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% and 7.5%. For the respective preparation of the asphalt mixture, the design was carried out by the Marshall method, which were tests, according to the parameters of asphalt cement of 6.3%, achieving a stability of 1,240 kg. With a flow of 3.3, and compared to the modified asphalt mix with the incorporation of recycled ground glass percentage of 10%, 15%, and 20%, greater stability was achieved reaching 1,154kg, 1,271kg. and 1,141kg, and a flow of 3.95mm., 3.20mm and 3.46mm., respectively, the most obtained result in the curve is 1,278kg for stability and 3.21mm for the flow finally the results of the wear resistance test according to the standard (AST C 5335 and MTC E 515) for which the percentages of incorporation of recycled ground glass in 10%, 15% and 20%, were 15.13%, 17.52% and 20.60% respectively, with a control group without the incorporation of ground glass and with an optimal percentage of asphalt cement of 6.3%. the modified mixture to greater addition of recycled ground glass the durability decreases for this investigation.

Keywords: Modified asphalt mixture, ground glass recycled wear resistance.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, los medios de conectividad más importantes vienen a ser las carreteras, dichas vías de comunicación, además de tener la función principal de permitir el transporte y traslado de personas, son un medio activo utilizado por el sector público y el sector privada para así poder acortar los costos de venta del producto, aumentando la economía de los países al contar con más carreteras de calidad. (Universidad de Piura, 2015).

La infraestructura vial en el Perú se caracteriza por la gran deficiencia y baja calidad y por la baja presencia de carreteras pavimentadas, ya que como todos los peruanos podemos darnos cuentas a simple vista, que no se presta la importancia adecuada a este recurso de gran necesidad.

Teniendo como base lo realizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el periodo 2011 – 2015, se puede observar que hubo un incremento en la Red Vial Nacional de 23319 km a 26436 km, teniendo como red vial pavimentada 18420 km (70% del total), sin llegar a cumplir lo establecido en el 2015 de alcanzar el 80% de red vial pavimentada. Por otro lado, se utiliza para medir el estado de calidad que presenta las carreteras en el Índice de Competitividad Global 2015 – 2016, presentando una disminución en el Foro Económico Mundial en ese periodo pasando del puesto 92 al puesto 111 en dicho rubro. (Provias, 2016).

En el Perú la mayoría de las vías de comunicación se presentan en un estado de trocha siendo caminos afirmados a base de tierra y ripio, teniendo el Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene a modo objetivo a miras 2021, incrementar el pavimento de la Red Vial Nacional de 72% a 90% y la Red Vial Departamental de 13% al 70%. (Agencia Peruana de Noticias Andina, 2018).

Teniendo como estado de la superficie de rodadura de la Red Vial Nacional a diciembre de 2017 un total de 26792 km, de la cual 20368 km esta pavimentada. Teniendo como data que en Febrero – Marzo del 2017, ocurrió el fenómeno del Niño Costero que afecto el estado de la superficie de rodadura de dicha vía, donde 16592 km de carretera se encuentran en buen estado. (Figura 44 y 45, cuadro 1 en anexo).

En el Perú se tiene previsto ejecutar el Proyecto de la Infraestructura de la Red Vial Departamental, que contribuirá en la pavimentación de 15000 km de pavimento, cubriendo

el 70% de la Red Vial Departamental, constituyendo una revolución para el transporte en todas las regiones del país, permitiendo el crecimiento económico y al desarrollo del país, brindan comodidad y seguridad para los usuarios de las vías. (Diario la república, 2019)

En el departamento La Libertad, la red vía departamental está conformada por 1701.71 km de infraestructura vial, de la cual solo se encuentra pavimentada 92.02 km, observando la presencia de daños y fallas en la carpeta asfáltica, los cuales necesitan mantenimiento, teniendo 1609.69 km sin pavimentar, generando inseguridad a los usuarios de la vía. (Red Vial Departamental MTC, 2015).

El mismo problema se presenta en la ciudad de Trujillo, teniendo las principales avenidas y calles la red vial pavimentada en mal estado, debido a problemas climatológicos, como el fenómeno del Niño Costero ocurrido en el 2017, y las faltas de mantenimiento de la carpeta asfáltica. Y en busca de una mejora continua se plantea en esta investigación como una solución para la pavimentación, la elaboración del diseño de una mezcla asfáltica en caliente modificada con la adherencia del vidrio molido reciclado para una mejor durabilidad. (Los autores, 2019).

Teniendo como base, los siguientes trabajos previos.

Torres y Zevallos (2019), en su investigación “Uso del vidrio reciclado en el diseño de la mezcla asfáltica para la Av. Chulucanas entre AV. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa - Margarita Piura”, 2018, como objetivo se planteó analizar evaluar el vidrio reciclado para diseñar la mezcla asfáltica en la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal Santa Margarita – Piura, 2018. La presente investigación es de tipo experimental porque se incorpora el vidrio reciclado, el cual permite observar el alcance que produce en la mezcla, se obtuvo resultados de la realización de calicatas, de acuerdo a la Norma SUCS, la muestra fue arena limosa (SM), el (CBR) para las calicatas con los porcentajes del 13.3; 12.8; 13.1; 12.5% y 10.8%, el promedio del CBR es de 12.5% los espesores para la parte estructural es el 3.94” en la pavimento, para una base granular fue de 30centímetros para el pavimento en la carpeta asfáltica, y en la sub base fue de 30 centímetros y la mezcla modificada. se obtuvieron resultados de 1125 kg para una mejor estabilidad utilizando el método Marshall, el flujo es der 3.81, para porcentajes de vacíos de aire es de 4.3 y el índice de rigidez de 3499 de acuerdo a la norma (MTC) se concluye que la mezcla asfáltica agregando vidrio para una superficie de rodadura de 2 m, alcanza hasta el 10 por ciento para un pavimento.

Freire (2018), en su tesis “Uso de vidrio en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación” el objetivo general es el uso del vidrio en la mezcla asfáltica con la finalidad de poder reducir la contaminación para obtener la mezcla optima, realizaron ensayos como granulometría, equivalente de arena, desgaste de los agregados grueso en la maquina los ángeles, se diseñó la mezcla asfáltica convencional sin vidrio molido por el método Marshall, para luego realizar 6 diseños de 0%, 3%, 9%, 12% y 15% de adición de vidrio para diseño de mezcla, luego ser ensayadas por el método Marshall. Los resultados obtenidos y las comparaciones realizadas se redujeron el % de vidrio optimo será de 3% y 6% donde mejora la estabilidad y flujo con estos porcentajes cumplen con todas las especificaciones necesarias, concluye que al aumentar en exceso porcentajes de vidrio molido los resultados varían sobrepasando los límites de 5 para tráfico pesado.

Hernández y Rodríguez (2018), en su artículo “Modificación de mezclas asfálticas listas para instalar en caliente mediante fibras de vidrio y fibras sika fiber® AD”, se planteó como objetivo, modificar la mezcla asfáltica EZ Street Asphalt en caliente adicionando fibra de vidrio SikaFiber®AD, con el fin de mejorar su estabilidad, densidad y flujo, este proyecto es experimental porque estudia a detalle con la finalidad de lograr encontrar que fibra mejore los problemas de estabilidad y flujo de mezcla asfáltica Ez Street Asphalt. En el cual se efectuaron estudios de acuerdo a el Método Marshall del cual obtuvieron resultados favorables, para mezcla asfáltica con vidrio resulto que el flujo disminuye a partir de la muestra patrón en frio, para la muestra patrón en caliente a medida que se le incorpora fibra de vidrio aumenta el flujo y según la estabilidad se incrementa.

Cano y Cruz (2017), en su tesis “Análisis de mezclas asfálticas de concreto con proporciones de vidrio molido granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón”, tienen como objetivo principal analizar la mezcla del concreto con porcentajes de vidrio, tamizado y granular para utilizarlo, como un aditivo, con el propósito de incrementar la resistencia para el hormigón. Para esta investigación la variable fue medir, a través del ensayo de compresión de especímenes cilíndricos, el valor obtenido se expresa en unidades psi o Mpa, con los ensayos realizados se determinó que la mayor resistencia para los 14 días y 28 días de curado, se presentan con una mezcla de concreto con vidrio tamizado al 3% lo que se pudo determinar que los testigos que presentaban diferentes porcentajes de vidrio lograron alcanzar una mayor resistencia a las probetas de la mezcla en común.

Pinedo y Vaca (2018), en su tesis, “Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018”, su objetivo principal descubrir cual fue el efecto de la fibra de polipropileno en el reacción de la mezcla asfáltica en caliente con el fin de mejorar la durabilidad de dicha mezcla, para el diseño metodológico donde realizaron 3 testigos por cada uno de los porcentaje de fibra de polipropileno para poder definir el porcentaje óptimo, siendo incorporado en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5%, según los resultados obtenidos pudieron decir que el diseño de la mezcla con 1.5% de adhesión de fibra de polipropileno presento una menor pérdida de material y logro alcanzar mayor resistencia a la disgregación de la mezcla, haciéndolo más resistente y aumentando la durabilidad.

Díaz y Bobadilla (2018), en su tesis “Modificación de mezcla asfáltica mediante fibras de vidrio listas para instalar” su objetivo principal es desarrollar la medicación de mezcla asfáltica listas para instalar mediante fibras de vidrio, con el fin de aumentar sus propiedades físicas del hormigón asfáltico EZ Street Asphalt, para el diseño metodológico se realizaron 3 especímenes por cada muestra para luego dejarlo cada muestra como un testigo para posteriormente elaborar briquetas incorporando cierto porcentaje de fibra de vidrio 0.75; 0.85; 0.95; 1.05; 1.15; 1.25; 1.35% según los resultados obtenidos observamos la estabilidad para mezcla modificada con porcentajes 0.75% y el 0.85% se observa que la muestra aumenta. Según el comportamiento de la mezcla modificada adicionando vidrio molido se observar que la densidad disminuye, podemos decir que no cumple debido de que no hay un resultado satisfactorio; se concluye que los resultados de flujo obtenidos en los laboratorios, observamos que hay aumento cuando se adiciona los porcentajes de vidrio, los cuales no tendrán mayor incidencia sobre la muestra real y se reduce que la resistencia al flujo, los resultados obtenidos en la densidad con la muestra patrón ya que nos genera vacíos y no genera la matriz uniforme del asfalto desarene o desbloqueo y en los resultados de estabilidad son estables al generar adición de vidrio pues no genera buen comportamiento.

Cabascango, Benalcázar y Suárez al (2016), en su artículo “Pavimentos sustentables con vidrio reciclado en asfalto para vías públicas”, esta investigación se emprende con el fin de conocer la importancia de reciclaje de botellas de vidrio en el medio ambiente, teniendo como objetivo la construcción de un mecanismo que permita la trituración de las mismas y posteriormente aplicar el vidrio reciclado con el asfalto para vías públicas, la fabricación de asfalto con vidrio se convierte en un proceso de fabricación sustentable, que beneficia a un

buen plan de buen vivir al buscar rescatar el proceso de destrucción del medio ambiente, además se concluye que la trituración está dada a base de transmisión de la potencia mediante correas las que permiten movimiento rotatorio del eje matriz, se determina que la energía y fuerza necesaria de rompimiento de la botella de vidrio es un martillo de 44.7 por el sistema 971.51 N.

Ochoa (2018), en su tesis “Evaluación de la influencia del vidrio reciclado como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas asfálticas de concreto en pavimentos”, tiene como finalidad general detectar el efecto que causa el vidrio molido reciclado siendo reemplazo del agregado fino para la elaboración de la mezcla para pavimentos de concreto, siendo esta una de tipo experimental porque se realizó ensayos de concreto de acuerdo al método ACI y a la norma NPT para poder analizar las características que presenta el concreto con la adherencia de vidrio reciclado molido, como un reemplazante del agregado fino, realizaron probetas de 10%, 20% y 30% de vidrio reciclado como reemplazante del agregado fino. Presentando como resultados que con el remplazo de vidrio molido por agregado fino para una compresión del $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ se observa que el aire atrapado disminuye cuando se adiciona el 10% de vidrio y con respecto al agregar 20% y 10% resultado que existe una mejor resistencia incrementando el contenido de aire al adicionar vidrio. Se analizó el costo de concreto tradicional y el concreto con adición de porcentajes de vidrio para luego analizar las dosificaciones del concreto con que se elaboraron. Se basaron del procedimiento ACI en el cual obtuvieron una mejor resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ una $a/c = 0.5$ y 11.1 para las bolsas de cemento por metro cúbico.

Alvares y carrera (2017), en su tesis “influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados de diseño de mezclas asfálticas”, se tiene como finalidad, definir la influencia de la incorporación de caucho reciclado de los residuos de llantas (caucho reciclado), la presente tesis es de tipo experimental un estudio comparativo con el único propósito de comparar la mezcla tradicional y la otra con la adherencia del triturado de llantas, para obtener resultados satisfactorios de la mezcla asfáltica se utilizó la metodología de Marshall, para realizar el diseño de pavimentos flexibles. Los resultados obtenidos en la mezcla patrón del 5% de asfalto se evaluó y se obtuvo valores que ayudan a una mejor estabilidad y flujo, para ambos los resultados obtenidos para la mezcla agregando GCR en un 1.5% y 2.0% los cuales fueron satisfactorios, se concluye que al adicionar caucho

reciclado proporciones y tamaños específicos cumplen como un agregado de resistencia y compresión de la mezcla asfáltica de acuerdo a la MTC y los parámetros establecidos.

Ramírez (2013), en su tesis “La geogrilla de fibra de vidrio, en el marco mecánica de material, como alternativa para la preparación de pavimentos “ se planteó como objetivo, evaluar el beneficio del componente de geogrilla de la fibra de vidrio como un retardante para la reparación de fallas en el pavimento, se detalló el desempeño de dos vigas de pavimentos sin refuerzo necesario, para para posteriormente diseñar otro refuerzo con mortero asfáltico, y por ultimo con la incorporación del material de Grid. En la metodología para la aplicación de geogrilla de fibra de vidrio se limpia de manera uniforme la superficie limpiadora y luego sellar las grietas existentes, para posteriormente aplicar en el pavimento con distintas fallas de riego de liga, para luego agregar sobre el riego de liga el componente de geogrilla de la fibra de vidrio, con la pavimentación, cuando se termina la aplicación de rollo de la malla, es importante dejar un traslape de 40cm.

Para el presente proyecto, se presentará teorías y conceptos que nos harán entender mejor el procedimiento y desarrollo de esta investigación.

La mezcla asfáltica también se conoce como un aglomerante, está conformada por la compactación de agregados y asfalto, de tal manera que los agregados serán mezclados y combinados hasta que queden cubiertos a su totalidad, para luego realizar el proceso de compactación, está conformada en un 90% de agregado grueso y fino y el 5% de asfalto estos componentes tienen la función dar estabilidad y durabilidad al pavimento, los cuales nos ayudarán a conocer las características de la mezcla asfáltica como: estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad, flexibilidad y tener una mejor resistencia a la fatiga, a comparación de la mezcla tradicional que está conformada por la combinación de agregados, filler y cemento asfáltica para lo cual se combinara y elaborara la mezcla asfáltica cumpliendo con la estipulación climatológica para luego proceder a calentar los agregados hasta que llegue la temperatura a 60° centígrados solo aplica en algunos agregados (Dávalos,2015).

Esta mezcla ayudará a una mejor resistencia y protección para el pavimento flexible aplicada la mezcla en caliente, posee mayor resistencia en estructura de la carpeta asfáltica, de acuerdo al diseño el pavimento tendrá mejor durabilidad y será menos penetrable al agua que la mezcla asfáltica tradicional en frío. Según el (Asphalt Institute) la mezcla asfáltica

en caliente, el cemento asfáltico y los agregados son combinadas y la proporción es exacta. El concreto asfáltico estará conformado por varias capas que serán compactadas de acuerdo al diseño de la vía, se puede utilizar la capa de rodamiento según la norma para tráfico liviano y tráfico pesado. (Ramírez, 2015).

Según (ASOASFALTOS), ha sido demostrado que la utilización del uso de asfalto comenzó a ser dada desde el año 3200 antes de Cristo hasta la actualidad. En excavaciones que fueron efectuadas en Tell Asmer, a 80 km de Bagdad, se pudo determinar y encontrar que los habitantes utilizaron un mastic (resina) de asfalto para la elaboración y construcción de sus carreteras. Esta resina estaba compuesta de batún, finos minerales y paja, los cuales eran utilizados para adherir ladrillos y piedras al momento de la elaboración de pavimentos interiores con capas de 3cm a 6cm de espesor, para ser utilizados como tratamientos de revestimiento impermeable y de protección en diferentes áreas.

El asfalto es un aglomerante que consiste en una mezcla sólida y compactada de hidrocarburos y de minerales que en su mayoría son utilizados en la construcción del pavimento de las vías de comunicación. Este material tiene como aspectos más relevantes a la viscosidad, su pegajosidad y su color, el primordial uso como antes mencionado es de aglomerante en mezclas asfálticas en la construcción de las redes de comunicación, ya que permite la unión de componentes de diferentes materiales y así poder dar cohesión al grupo.

El asfalto se obtiene a través de la limpieza del petróleo crudo, y cemento asfáltico para la elaboración para ser utilizado en las vías de comunicación que se será importante para la construcción y mantenimiento, teniendo como características lo siguiente: durabilidad que hace referencia al periodo en el que el asfalto puede seguir manteniendo sus propiedades principales cuando está sometido a diferentes pruebas de degradación y envejecimiento presentando fallas, el asfalto presenta la capacidad de unirse con los demás agregados, cohesión, hace referencia a la capacidad que tiene el asfalto mantener constante unidas las partículas para el agregado, teniendo en cuenta el endurecimiento, envejecimiento, esto dará un mejor acabado al pavimento ya que tiende a endurecer durante el proceso constructivo. (López y Veloz, 2013).

Existen diferentes tipos de asfaltos entre los cuales tenemos, asfaltos sólidos, asfaltos líquidos, emulsiones asfálticas, asfaltos modificados, asfaltos industriales, siendo el asfalto

sólido el más utilizado en la construcción de pavimentos, lo cual se realiza según las condiciones establecidas en la norma. (ASTM D-946).

Asfaltos sólidos, estos también son conocidos como cementos asfálticos, siendo estos los principales tipos de asfaltos que se utilizan en los diseños de las mezclas calientes para la construcción de pavimentos asfálticos, gracias a que estos presentan características impermeabilizantes y aglomerantes, las cuales ganan particularidades de flexibilidad, durabilidad y ganan una reincorporación de resistencia de acuerdo al conjunto de ácidos, sales y álcalis. Se clasifican conforme a su equilibrio medido por el estudio de penetración. (PETROPERÚ S.A.).

Asfaltos líquidos, este afirmado se efectúa disolviendo un cemento asfáltico con un solvente derivado del petróleo o con agua. Los asfaltos líquidos nos ayudan con el mezclado de los agregados sin ser requerido el calentado previo, disminuyendo en gran parte los costos de producción, distribución y colocación de las mezclas. El endurecimiento de la mezcla asfáltica demora más ya que este ocurre al desaparecer o ramificarse el solvente del asfalto. (PETROPERÚ S.A.).

Los pavimentos de asfalto son diseñados y construidos para durar. Un gran porcentaje de la vía de comunicación están construidas en capas, con cada capa siendo importante para dar la mejor calidad de infraestructura posible.

Un pavimento perpetuo de asfalto está diseñado y construido para garantizar que la estructura vial perdure de forma indefinida. El mantenimiento de rutina es una cuestión de fresado por periodos establecidos, de la superficie para el reciclaje, seguido de la colocación de una superposición nueva y suave, a lo largo de la vida útil, el recorrido y el rendimiento de un pavimento asfáltico son tan buenos como los nuevos.

Estudios han demostrado que la suavidad del pavimento es un factor determinadamente importante para la economía de los usuarios disminuyendo el gasto del combustible de los vehículos que circulen por la vía de comunicación. El incremento del ruido de las carreteras, es una forma de contaminación ambiental, al pavimentar las vías de comunicación, el ruido generado por la fricción entre el neumático y el pavimento puede reducirse significativamente gracias a la contextura.

La pavimentación con asfalto disminuye significativamente el tiempo de ejecución del proyecto de construcción y elimina los largos tiempos de curado del concreto. Garantizando que el tráfico fluya con mayor facilidad y el impacto en el comercio se minimiza. Los proyectos de pavimentación con asfalto se pueden planificar estableciendo periodos en el cual la circulación vehicular sea menor, como noches o fines de semana. El asfalto está listo para el tráfico minutos o pocas horas después de ser compactado y enfriado. El mantenimiento es rápido, rentable y menos perturbado que con los pavimentos de concreto. (Asphalt Pavement Alliance).

Se realizan ensayos como: Ensayo de Viscosidad, Penetración, Punto de Inflación, Ductilidad, Solubilidad según. (ASTM D 2042).

Las mezclas bituminosas que son empleadas en la elaboración de vías de comunicación tiene como función ayudar a las superficies de rodamientos para lo cual brindara mejor servicio a los usuarios seguridad y comodidad generando mejores ingresos económicos, haciendo factible la circulación de los vehículos, (Víctor Yepes,2014).

Las mezclas asfálticas o bituminosas en caliente son aquellas que son una mezcla de áridos, incluyendo el polvo mineral, y ante cualquier circunstancia combinados con aditivos, los cuales son mezclados en máquinas mezcladoras, combinándolas, con el propósito de que todas las partículas del árido puedan quedar cubiertas por un ligante homogéneo.

La fabricación de las mezclas asfálticas trata en un proceso donde se calienta el ligante junto con los áridos, y se realiza la colocación en obra con una temperatura superior a la que presenta el ambiente. Una de las ventajas más importantes es la rapidez de la colocación de las mezclas asfálticas, siendo solo necesario que la temperatura llegue a un punto en el cual empiece a soportar cargas de los vehículos que empiezan a circular, por lo general se empieza a dar en cuestión de minutos a pocas horas.

Como principales materiales para elaborar mezcla asfáltica en caliente tenemos:

Cemento asfáltico, este material presenta como una de sus principales características la permanencia del cemento asfáltico en un estado sólido a una temperatura al ambiente de acuerdo a la norma que estará sujeta al (ASTM D-946), para lo cual el grado de penetración tenemos (CA 40/50PEN, CA60/70PEN, CA85/100PEN Y CA120/150PEN) cada uno de estos grados se determina mediante la prueba de penetración que se trata de penetrar con

aguja durante 5 segundos para la cual la muestra del cemento asfáltico bajo una carga conectada de 100 gramos. (cuadro 46, en anexo).

Los agregados gruesos y finos son partículas que se utilizarán como propiedades para la mezcla asfáltica, concreto hidráulico, construcción de afirmados y material estabilizador, los agregados vienen hacer piedra chancada, arena y cal hidráulico en la gran mayoría estos componentes conforman el mayor porcentaje es 90% y 95% del peso de total de la mezcla asfáltica y volumen en un 80%.

Según el Manual de carreteras “Especificaciones Técnicas generales para la construcción” (MC-ETGC - 2013), los componentes de los agregados utilizados para elaborar mezcla asfáltica deben cumplir con características establecidas para que se evite el desprendimiento causando por la circulación de los vehículos del tránsito debido a la acción del agua y rozamiento de llantas.

El vidrio molido es una sustancia dura, brillante y transparente, con componentes principales como silicatos y álcalis fusionados a altas temperaturas. Los componentes principales de vidrio son fáciles de encontrar en la naturaleza como son los siguientes: sílice, cal y bicarbonato de sodio. De la mezcla de los materiales secundarios con las materias primas con porcentajes variados se pueden obtener diferentes tipos de vidrio.

El empleo del vidrio reciclado triturado en obras de construcción civil se va utilizando cada vez con más frecuencia, reciclando el vidrio molido contribuimos a reducir de una manera excelente los residuos y costos, principalmente se beneficia el medio ambiente ya que reducimos la tasa de contaminación.

En esta investigación buscamos utilizar el vidrio molido como una base para el diseño y construcción de carreteras, ya que el vidrio se compacta con facilidad como la arena y forma una fuerte base para la vía. (anexo 03, pág. 105).

Para la presente realizaremos los siguientes ensayos:

Análisis granulométrico, Peso específico y absorción de agregados, ensayo de abrasión los ángeles, Durabilidad al sulfato de sodio, porcentaje de caras fracturadas y agregado grueso, sales solubles del agregado grueso, Partículas Chatas y alargadas Equivalente a la arena, Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos, Angularidad del agregado fino,

Resistencia de la mezcla de la mezcla Bituminosa empleando el aparato Marshall y resistencia al desgaste. (anexo 01, pág. 106).

De acuerdo al MTC E 504 la resistencia de la mezcla asfáltica en caliente utilizando el aparato Marshall, tiene como finalidad señalar observar las deformaciones plásticas de la mezcla, para lo cual se empleara testigos de (102mm de diámetro y altura 64 mm, especímenes extractor, martillo de compactación , prensa medidor para la estabilidad, mezcladora otros (tamices, balanza, bandeja) y las muestras que se realizan en el ensayo estarán especificadas de acuerdo a la norma, considerar 3 especímenes por cada grupo de ensayo. (anexo 02, pág. 106).

Según el MTC E 504 la resistencia a compresión su función es determinar la resistencia a la compresión de la mezcla ya que será compactada, para los testigos que se fabricaran y luego obtener el peso en la balanza (laboratorio), su objetivo es cooperar a definir la mezcla bituminosa y así determinar la conformidad sujeta para las condiciones para el material del pavimento y carga. (anexo 03, pág. 106).

Para lograr un adecuado proyecto se formula la siguiente pregunta ¿Cuál es el efecto del vidrio molido reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera La Soledad?

A continuación, describimos nuestra justificación de nuestro proyecto de investigación, en nuestro país las carreteras que están construidas no llegan a cumplir con el tiempo de vida útil que estas fueron diseñadas, teniendo como principales factores que perjudican a la vía pavimentada, el clima, el tránsito pesado, variación de temperaturas, y fallas de la carpeta asfáltica como, piel de cocodrilo, hundimiento, deformaciones, entre otros más. Para ello con esta investigación buscamos asegurar a la estructura del pavimento, con la utilización de agregado de la cantera La Soledad, lo que nos permitirá realizar el diseño correspondiente de mezcla en caliente con la adherencia del vidrio reciclado molido en diferentes cantidades correspondiente a porcentajes establecidos, que contribuirá a reducir la contaminación.

Para la presente tesis denominado efecto del vidrio molido reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera La Soledad, el diseño para la mezcla asfáltica en caliente estará basada a los parámetros establecidos por el Ministerio

de Transportes y Comunicaciones (MTC E-504), donde se detallan los procedimientos y los requisitos mínimos necesarios para realizar las briquetas, y así poder realizar los estudios correspondientes de los ensayos considerados, así como el MTC E 515 ensayo de pérdida de desgaste. De tal modo se espera que la ejecución y los resultados de esta investigación, sirva para que los investigadores tengan una adecuada referencia sobre la información para futuros proyectos de investigaciones semejantes, (pavimentos modificados).

Este proyecto con la adherencia de vidrio molido reciclado en el diseño de una mezcla asfáltica en caliente para un pavimento flexible, busca disminuir las fallas anteriormente mencionadas, y a la vez reducir los costos de producción, así como también, reducir la contaminación ambiental y reducir el desgaste de las ruedas de los vehículos producto de la fricción entre el vehículo y el pavimento.

Para lograr un buen trabajo de investigación presentamos nuestra hipótesis, el vidrio molido reciclado, nos ayudará a aumentar la durabilidad de la carpeta asfáltica, y al mismo tiempo nos beneficiará en el acortamiento de la pérdida por desgaste, incrementará la estabilidad y mantendrá el flujo dentro de los parámetros establecidos en la metodología Marshall de la mezcla asfáltica en caliente.

Nuestro objetivo principal es. Evaluar el efecto del vidrio molido reciclado en la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera La Soledad.

Como objetivos específicos tenemos: Evaluar las propiedades de los agregados finos y gruesos extraídos de la cantera La Soledad para la producción de mezcla asfáltica en caliente; realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional utilizando agregados de la cantera la soledad; realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente agregando porcentajes del 10%, 15% y 20% de vidrio molido reciclado; analizar los porcentajes de resistencia al desgaste de las briquetas de mezcla asfáltica en caliente en la máquina de los ángeles; comparar la mezcla asfáltica convencional con la modificada incorporando porcentajes de vidrio molido reciclado utilizando agregados de la cantera La Soledad.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

Para el desarrollo de esta tesis se tuvo en cuenta el tipo cuantitativa por el enfoque, transversal por su temporalidad, explicativo por el nivel de alcance que presenta, de tipo básica por su finalidad, y de laboratorio. Siento dicho proyecto una investigación Experimental Puro. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

Esquema:

| | |
|---------|----|
| RG1---- | 01 |
| RG2 X2 | 02 |
| RG3 X3 | 03 |
| RG4 X4 | 04 |

Descripción:

- RG → Briquetas o muestra aleatorio.
- RG1 → Briquetas sin incorporación de vidrio molido reciclado.
- RG2 → Briquetas con adición del 10% de vidrio molido reciclado.
- RG3 → Briquetas con adición del 15% de vidrio molido reciclado.
- RG4 → Briquetas con adición del 20% de vidrio molido reciclado.
- X → Tratamiento experimental.
- X2 → Tratamiento experimental grupo 2.
- X3 → Tratamiento experimental grupo 3.
- X4 → Tratamiento experimental grupo 4.
- O → Medición del efecto de la variable dependiente.
- O1 → Medición del efecto sin adición de vidrio molido reciclado.
- O2 → Medición del efecto de la variable con 10% de adición de vidrio molido reciclado.
- O3 → Medición del efecto de la variable con 15% de adición de vidrio molido reciclado.

- O4 → Medición del efecto de la variable con 20% de adición de vidrio molido reciclado.
- --- → Ausencia de estímulo (indicador de grupo control)

2.2 Operacionalización De Variables

Cuadro 1. Operacionalización de variables

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|--|---|---|-------------------------------|--------------------|
| VIDRIO MOLIDO REICLDO | El vidrio molido es una sustancia, brillante y transparente con componentes principales como silicatos y álcalis fusionados a altas temperaturas. La trituración del vidrio elimina los bordes agudos, por lo que no genera peligro para los vehículos que circulan por la vía. | Los porcentajes de vidrio molido reciclado de 10, y 20% se estimará con relación al volumen de la mezcla asfáltica. | Tiene efecto, NO tiene efecto | Nominal |
| RESISTENCIA DE LA MEZCLA ASFÁTICA EN CALIENTE | Es la máxima resistencia a la a la deformación a una razón repetitiva de carga. Es una medida de la deformación de mezclas asfálticas en caliente determinada durante el ensayo de estabilidad. (MTC E-504, 2016) | Se realizará en el laboratorio los ensayos de estabilidad mediante el método Marshall. | Estabilidad y Flujo | Razón |
| | Permite estimar directamente la trabazón, cohesión, también la resistencia a la digregación de la mezcla bituminosa ante efectos abrasivos y otros originados por el tráfico. (MTC E-515, 2016) | se realiza en el laboratorio los ensayos de pérdida por desgaste en la máquina Los Ángeles. | Pérdida por Desgaste | Razón |

Fuente: Autoría propia

2.3 Población, muestra y muestreo

- **Población.** – Para este presente proyecto de investigación se tuvo como población los materiales a utilizarse en el diseño y elaboración de la mezcla asfáltica en caliente (Cemento asfáltico, agregado fino y grueso extraídos de la cantera La Soledad, cal hidráulica y vidrio reciclado molido.)
- **Muestra.** – Está conformada por 24 briquetas de mezcla asfáltica en caliente de forma cilíndrica, con diámetro de 102 mm (4”) y una altura de 64 mm (2.5”) establecidos por el MTC E 504 y MTC E 515, 2016.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

- **Técnicas.** – Observación experimental se realizó en el laboratorio, así como el procedimiento tiene que estar respectivamente normado en el instituto del asfalto AASSHTO, ASTM, MTC, que nos sirvió como guía base para la realización de los ensayos, ya que cada uno tiene por individual su propio instrumento de medición y su respectivo procedimiento.
- **Guía de observación.** – Estuvo apoyada de equipos de medición, laboratorio de la Universidad César Vallejo sede Trujillo (Moche) y laboratorios externos, La Norma (MTC) y las respectivas fichas de recolección de datos que se pueden encontrar en los anexos del presente trabajo de investigación, con el propósito de llevar de manera específica y ordenada los ensayos que fueron realizados.

2.5 Procedimiento

Para la extracción de los agregados tanto fino como grueso se tuvo presente los parámetros establecidos en la Norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG – 2013, donde nos recomiendan que los agregados deben contener una naturaleza de tal manera que cuando este material es utilizado en la capa de rodadura no presenten fallas y se deterioren con facilidad por condiciones climatológicas y/o del mismo tráfico. Lo cual la misma norma nos especifica y recomienda que los agregados gruesos deberán presentarse sin impurezas, libre de restos de limos. El agregado fino debe presentarse limpio, duro y con su superficie angular y rugosa, libre de impurezas.

2.5.1. Ensayo de agregados

a Análisis Granulométrico

Para la elaboración de este estudio se tuvo en cuenta la Norma MTC E 204, cuya finalidad es establecer por medio de una serie de tamices de aberturas cuadradas las distribuciones correspondientes de las partículas que presentan los agregados finos y gruesos en una muestra previamente secada cual peso es conocido, el cual nos hace referencia que la cantidad de agregado fino será de 300 gr a 500 gr y en el agregado grueso se considerará de acuerdo a los parámetros establecidos en la tabla N° 1 del Manual de Ensayo de Materiales MTC E 204.

Cuadro 2. Cantidad mínima de muestra del agregado

| Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada | | Cantidad mínima de muestra de ensayo |
|--|---------|---|
| mm | (pulg.) | kg |
| 9,5 | (3/8) | 1 |
| 12,5 | (1/2) | 2 |
| 19,0 | (3/4) | 5 |

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 204, tabla 1.

Cuadro 3. Parámetros de cumplimiento para mezcla asfáltica

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

Fuente: Manual de carreteras MTC EG - 2013

b Peso específico y absorción del agregado grueso

El presente estudio fue desarrollado bajo los criterios establecidos por el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 206, el cual se muestran en el cuadro N° 10, donde se presentan los valores mínimos de la muestra a ensayar según su tamaño nominal.

Cuadro 4. Muestra mínima para ensayo

| Tamaño máximo nominal abertura cuadrada | | Cantidad mínima de la muestra de ensayo |
|--|------|--|
| Pulgadas | mm | kg |
| 1/2" o menos | 12,5 | 2 |
| 3/4" | 19,0 | 3 |
| 1" | 25,0 | 4 |

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 206

Una vez obtenida la muestra para llevar a cabo el ensayo se procede a cuartear para que luego la muestra sea secada por un tiempo no superior a las 3 horas a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. siendo dicha muestra sumergida por 24 horas. Con el presente ensayo se pudo determinar los diferentes pesos de la muestra, (saturado, saturado superficial, y peso seco final), realizándose de acuerdo a los procesos correspondientes especificados en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 206.

Cuadro 5. Máximo porcentaje de absorción

| ENSAYO | NORMA | REQUERIMIENTO | |
|-----------------------------|--------------|----------------|--------------|
| | | ALTITUD (MSNM) | |
| | | $\leq 3,000$ | $\geq 3,000$ |
| Peso específico y absorción | MTC E 206 | 1,0% máx. | 1,0% máx. |

Fuente: Manual de carreteras MTC EG-2013

c Ensayo de abrasión de Ángeles

Para el ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles la muestra utilizada fue de 5000gr de muestra y se procedió a seleccionar y clasificar en gradación como se indica en el cuadro

Nº 12, con el propósito de analizar la cantidad de esferas de acero de 46.8mm, con características establecidas por el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 207, que se muestran en la figura Nº 3.

Cuadro 6. Graduación de las muestras de ensayo

| Medida del tamiz (abertura cuadrada) | | Masa de tamaño indicado, g | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Que pasa | Retenido sobre | Gradación | | | |
| | | A | B | C | D |
| 37,5 mm (1 ½") | 25,0 mm (1") | 1250 ± 25 | -- | -- | -- |
| 25,0 mm (1") | 19,0 mm (¾") | 1250 ± 25 | -- | -- | -- |
| 19,0 mm (¾") | 12,5 mm (½") | 1250 ± 10 | 2500 ± 10 | -- | -- |
| 12,5 mm (½") | 9,5 mm (3/8") | 1250 ± 10 | 2500 ± 10 | -- | -- |
| 9,5 mm (3/8") | 6,3 mm (¼") | -- | -- | 2500 ± 10 | -- |
| 6,3 mm (¼") | 4,75 mm (Nº 4) | -- | -- | 2500 ± 10 | -- |
| 4,75 mm (Nº 4) | 2,3 mm (Nº 8) | -- | -- | -- | 5000 |
| TOTAL | | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 207, tabla 1.

Figura 3. Número de esferas por método

| Gradación | Número de Esferas | Masa de la carga (g) |
|-----------|-------------------|----------------------|
| A | 12 | 5 000 ± 25 |
| B | 11 | 4 584 ± 25 |
| C | 8 | 3 330 ± 20 |
| D | 6 | 2 500 ± 15 |

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 207

Una vez determinada la muestra del agregado, se ha realizado el ensayo de acuerdo método, gradación y al tamaño nominal del agredo, se procedió a introducir las esferas junto con el material en la máquina de los Ángeles el cual se hizo girar 500 revoluciones a una velocidad promedio de 30 a 33 rpm, para luego la muestra ser retirada, tamizada y pesada.

d Durabilidad al sulfato de sodio

Este ensayo se realizó teniendo como guía el procedimiento establecido en el MTC E 209, cual describe el proceso para seleccionar la muestra de acuerdo al tamaño máximo nominal, y también los materiales y equipos que fueron empleados para desarrollar el presente ensayo.

Cuadro 7. Muestra mínima para ensayo, agregado grueso

| Tamiz mm – (pulgadas) | | Peso gr |
|------------------------------|-----------------------|----------------|
| Pasa – Retiene | Pasa - Retiene | |
| Compuesto de material | | |
| De 9.5 a 4.75 mm | 3/8" a N° 4 | 300 ± 5 |
| De 19.0 a 9.5 mm | 3/4" a 3/8" | 1000 ± 10 |
| Compuesto de material | | |
| De 12.5 a 9.5 mm | 1/2" a 3/8" | 300 ± 5 |
| De 19.0 a 12.5 mm | 3/4" a 1/2" | 670 ± 10 |
| De 37.5 a 19.0 mm | 1 1/2" a 3/4" | 1500 ± 50 |
| Compuesto de material | | |
| De 25.0 a 19.0 mm | 1" a 3/4" | 500 ± 30 |
| De 37.5 a 25.0 mm | 1 1/2" a 1" | 1000 ± 50 |
| De 63.0 a 37.5 mm | 2 1/2" a 1 1/2" | 5000 ± 300 |

Fuente: Manual de ensayo e materiales MTC E 209

Cuadro 8. Muestra para durabilidad al sulfato de sodio

| Pasa el Tamiz | Retiene el Tamiz |
|----------------------|-------------------------|
| 3/8" (9.50 mm) | N° 4 (4.75 mm) |
| N° 4 (4.75 mm) | N° 8 (2.36 mm) |
| N° 8 (2.36 mm) | N° 16 (1.18mm) |
| N° 16 (1.18 mm) | N° 30 (600 um) |
| N° 30 (600 um) | N° 50 (300 um) |

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 209

Cuadro 9. Porcentaje máximo de durabilidad para agregado grueso

| ENSAYO | NORMA | REQUERIMIENTO | |
|--|-----------|----------------|-----------|
| | | ALTITUD (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | ≥ 3000 |
| Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio) | MTC E 209 | 18 % máx. | 15 % máx. |

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013

Cuadro 10. Porcentaje máximo de durabilidad para agregado fino

| ENSAYO | NORMA | REQUERIMIENTO | |
|--|-----------|----------------|-----------|
| | | ALTITUD (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | ≥ 3000 |
| Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio) | MTC E 209 | - | 18 % máx. |

Fuente: Manual de carreteras EG - 2013

Una vez realizada la selección de la muestra para el siguiente ensayo se procedió a desarrollarlo según la norma Manual de Ensayo de Materiales (MTC E 209).

e Porcentaje de caras fracturadas agregado grueso

Este ensayo fue desarrollado de acuerdo a las especificaciones indicadas en el MTC E 210, iniciando con la selección de las cantidades adecuadas de muestra de acuerdo al tamaño máximo nominal, el cual se muestra en el cuadro N° 17. El presente ensayo según los porcentajes mínimos de caras fracturas debe cumplir con los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013.

Cuadro 11. Cantidad de muestra para ensayo

| Tamaño máximo nominal del agregado | Muestra en gr |
|---|----------------------|
| 1" (25.0 mm) | 3000 |
| 3/4" (19.0 mm) | 1500 |
| 1/2" (12.5 mm) | 500 |
| 3/5" (9.5 mm) | 200 |

Fuente: NTP 400.021

f Sales solubles de agregado grueso

Con el desarrollo de este ensayo se puso a prueba el agregado grueso y fino a una solución de cloruro de sodio, para así nosotros poder conocer el porcentaje de sales solubles que el agregado contiene. Para poder determinar la cantidad adecuada de muestra a utilizar en este ensayo se tuvo en cuenta las consideraciones especificadas en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 219, cuadro 18, dicha norma también nos indica los diferentes equipos, materiales e insumos a utilizar para realizar el presente ensayo.

Cuadro 12. Muestra requerida para ensayo

| Material | Cantidad Mínima (Gr) |
|------------------|-----------------------------|
| Grava 50 – 20 mm | 1000.0 |
| Grava 20 – 5 mm | 500.0 |
| Arena 20 mm | 100.0 |

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 219

Cuadro 13. Porcentaje máximo permitido (sales solubles).

| Ensayo | Norma | Requerimiento | |
|------------------------|--------------|-----------------------|-----------|
| | | Altitud (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | > 3000 |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | 0,5% máx. | 0,5% máx. |

Fuente: Manual de Carreteras EG - 2013

g Partículas chatas y alargadas

Teniendo en consideración el Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, los agregados deben presentar como máximo el 10% de partículas chatas y alargadas. La selección de la cantidad de la muestra se consideró lo establecido en el cuadro N° 20, sacado de la misma norma, utilizando los equipos, materiales y procedimientos que fueron establecidos en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 223.

El presente ensayo tiene cumplir con el Manual de Carreteras EG – 2013 según los parámetros establecidos; con este ensayo nosotros podemos determinar la cantidad de partículas chatas y alargadas, si el material presenta un exceso de estas partículas provocara un mal compactado en la mezcla.

Cuadro 14. Obtención de muestra de ensayo

| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (PULGADAS) | MÍNIMO DE MUESTRA (KG) |
|---|-----------------------------------|
| 3/8" (9.5 mm) | 1.0 |
| 1/2" (12.5 mm) | 2.0 |
| 3/4" (19.0 mm) | 5.0 |
| 1" (25.0 mm) | 10.0 |

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC E 223

Cuadro 15. Máximo porcentaje de partículas chatas y alargadas

| Ensayo | Norma | Requerimiento | |
|-------------------------------|--------------|-----------------------|----------|
| | | Altitud (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | > 3000 |
| Partículas chatas y alargadas | MTC E 219 | 10% máx. | 10% máx. |

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013

h Equivalente de arena

Al realizar el ensayo de equivalente de arena se tuvo en cuenta y se siguió el procedimiento establecido en el Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y

Comunicaciones E 114; teniendo en cuenta los equipos y las cantidades adecuadas que nos muestra el manual, para tener resultados satisfactorios. El presente ensayo debe cumplir con el Manual de Carreteras EG – 2013, el cual se muestra en el cuadro N° 22.

Cuadro 16. Porcentajes mínimos para equivalente de arena

| Ensayo | Norma | Requerimiento | |
|-------------------------------|-----------|----------------|----------|
| | | Altitud (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | > 3000 |
| Partículas chatas y alargadas | MTC E 219 | 10% máx. | 10% máx. |

Fuente: Manual de carreteras EG - 2013

i Gravedad Específica Y Absorción Del Agregado Fino

Para desarrollar este ensayo se consideraron los parámetros normados en el Manual de Ensayo de Materiales E 201, donde nos señala la cantidad y tipo para la elección del material. El agregado fino paso por un proceso de cuarteado y secado en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. par colocar 500 gr de material en un frasco lleno con agua hasta 500 cm^3 , para así continuar con la eliminación de vacíos con el método del baño maría. Teniendo en consideración lo que está en la guía en el Manual de Carreteras EG – 2013, lo cual se muestra en el cuadro N°. 16.

Cuadro 17. Absorción y gravedad específica

| Ensayo | Norma | Requerimiento | |
|---------------------------------|-----------|----------------|----------|
| | | Altitud (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | > 3000 |
| Gravedad específica y absorción | MTC E 114 | 0,5 máx. | 0,5 máx. |

Fuente: Manual de carreteras EG - 2013

j Angularidad del agregado fino

Para realizar el presente ensayo se utilizó el mismo material que posteriormente fue empleado en la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente. Teniendo en cuenta las consideraciones, parámetros y procedimientos especificados en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 222, donde se utilizaron los tamices N° 8 y N° 200.

Cuadro 18. Angularidad de agregado fino, valores mínimos

| Ensayo | Norma | Requerimiento | |
|-------------------------------|-----------|----------------|--------|
| | | Altitud (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | > 3000 |
| Angularidad del agregado fino | MTC E 222 | 30 | 40 |

Fuente: Manual de carreteras EG - 2013

2.6 Métodos de análisis de datos

En el análisis y en el proceso de los resultados se emplearon los softwares (programas) Excel análisis estadístico SPSS, y para crear tablas simples, imágenes y cuadros de doble entrada, técnicas estadísticas de análisis de varianza (ANOVA), estos estarán referenciado en las normas correspondientes, como son del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la Norma AASHTO y ASTM.

2.7 Aspectos éticos

Para la presente tesis, se realizó la elaboración del diseño de la mezcla asfáltica en caliente haciendo referencia a el método Marshall, obteniendo agregados gruesos y finos de la cantera La Soledad, ubicada en el distrito de Chicama, provincia de Ascope, departamento La Libertad.

Las condiciones climatológicas consideras para este diseño, fueron tomadas de la ciudad de Trujillo, según indica el IGP, que la media anual de temperatura mínima y máxima para esta zona es de 22,9°C y 15°C, durante el periodo 1950 – 1991. El presente proyecto de investigación se realizó cumpliendo con la Norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la Norma ASTM, la Norma AASSHTO, la Norma ISO 9001,690, entre otras, para obtener resultados satisfactorios, para lo cual se reflejan en los ensayos realizados.

III.RESULTADOS

3.1 Propiedades del agregado fino y grueso

| ENSAYO | NORMA | REQUERIMIENTO (MSNM) | | RESULTADO |
|---|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| | | ≤ 3000 | ≥ 3000 | |
| Peso específico y absorción del agregado grueso | MTC E 206 | 1.0 % máx | 1.0 % máx | 1.89% |
| Abrasión de Ángeles | MTC E 207 | | | 15.50% |
| Durabilidad al sulfato de sodio agregado grueso | MTC E 209 | 18 % máx | 15 % máx | 3.70% |
| Durabilidad al sulfato de sodio agregado fino | MEC E 209 | - | 18 % máx | 4.20% |
| Caras fracturadas del agregado grueso | MTC E 210 | 85/50 | 90/70 | 84.90% |
| Sales solubles de agregado grueso | MTC E 219 | 0.5 % máx | 0.5 % máx | 0.09% |
| Sales solubles de agregado fino | MTC E 219 | 0.5 % máx | 0.5 % máx | 0.05% |
| Partículas chatas y alargadas | MTC E 223 | 10 % máx | 10 % máx | 14.50% |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 60 min | 70 min | 40.07% |
| Gravedad específica y absorción del agregado fino | MTC E 201 | 0.5 % máx | 0.5 % máx | 2.16% |
| Angularidad del agregado fino | MTC E 222 | 30 min | 40 min | 42.60 |

Cuadro 19. Propiedades del agregado fino y grueso

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 19 se pueden observar los datos de los resultados provenientes de los ensayos realizados en laboratorio, para poder definir si nuestro material es apto o no para una mejor elaboración de la mezcla asfáltica, teniendo como resultado que los agregados extraídos de la cantera la Soledad, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma (Manual de Ensayo de Materiales), siendo estos aptos para el diseño.

3.2 Diseño de mezcla asfáltica tradicional Método Marshall

3.2.1 Elaboración de especímenes

Se diseñaron 15 briquetas con la adherencia de las diferentes cantidades de cemento asfáltico de acuerdo a los porcentajes establecidos de manera creciente en porcentajes de 0.5% de la masa total del peso de la briqueta (1200 gr) y así poder definir el óptimo contenido dicho cemento. Se elaboraron tres (3) briquetas por cada uno de los porcentajes de cemento asfáltico, empezando de 5.5% de cemento asfáltico, siguiendo lo establecido en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones E 504, que estable 3 especímenes como mínimo. Los agregados pasaron por un proceso de secado a una temperatura promedio para poder garantizar una masa constante a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, los cuales fueron separados por el proceso de tamizado, desde el tamiz de 3/4" (19.0 mm), hasta las que pasan el tamiz N° 8 (2.36 mm). El cemento asfáltico fue calentado a una temperatura de 170 ± 120 centistokes, lo necesario para poder producir una viscosidad adecuada y para la compactación fue calentado hasta alcanzar una viscosidad de 280 ± 20 centistokes.

Se procedió a hacer el pesaje de las proporciones de los agregados para cada espécimen para el ensayo, por medio de bandejas separadas, previamente de acuerdo a la gradación adecuada para la elaboración de cada briqueta, las cuales alcanzaron una altura promedio de 63.5 ± 1.25 mm, siendo los agregados, cemento asfáltico y cal hidráulica respectivamente calentados a una temperatura promedio de 14° C sobre la temperatura de compactación, de acuerdo a lo establecido para cementos asfálticos en el MTC. Se procedió con la mezcla en seco de los agregados y dejando una abertura en el centro, se agregó la cantidad necesaria del porcentaje de cemento asfáltico a utilizar para la mezcla, para finalmente proceder con una espátula a mezclar los materiales hasta obtener una mezcla uniforme.

$$\text{Peso correcto (kg) del agregado} = \frac{63.5 \times \text{peso unitario del agregado (kg)}}{\text{altura obtenida de la probeta (mm)}}$$

Se procedió a realizar previamente el calentado del molde y del martillo durante un tiempo promedio de 15 minutos hasta lograr obtener una temperatura promedio de $121 \pm 28^\circ$ C, para luego ser colocados el conjunto collar, molde y la base en el pedestal del compactador.

Una vez teniendo el molde lleno con la mezcla, se procedió a chucear con una espátula 15 veces alrededor del perímetro del molde y 10 veces en el centro, luego se compactó con 75 golpes en un tiempo promedio menor a los 90 segundos. El collar y la base fueron sacadas para invertir el espécimen, una vez ensamblado el molde se procede a aplicar la misma cantidad de golpes en la otra cara del espécimen en el mismo tiempo, se sacó la briqueta y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

3.2.2 Determinación del peso específico aparente y peso unitario (Densidad Bulk)

Este ensayo de densidad Bulk se realiza una vez que la muestra del espécimen haya alcanzado una temperatura ambiente, por lo cual el Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece dos normas, el MTC E 506 recubrimiento con parafina, este si la muestra absorbe más del 2% de agua y el MTC E 504 recubrimiento sin parafina, si el porcentaje de absorción de agua es menor al de 2%, con mediciones uniformes.

3.2.3 Especímenes cubiertos sin parafina

PROCEDIMIENTO

Determinar la gravedad específica aparente

$$\% \text{ agua absorbida} = \frac{B - A}{B - C} \times 100$$

Dónde:

A = Peso del espécimen seco en aire (gr).

B = Peso del espécimen saturado superficialmente seco en aire (gr).

C = Peso del espécimen en el agua (gr).

Previamente secado el espécimen con una secadora eléctrica con aire caliente hasta lograr obtener un peso constante, se determinar el peso antes del recubrimiento (Peso A). Luego se procedió a cubrirlo con parafina y se dejó enfriar por un tiempo promedio de 30 minutos, se procede al peso del espécimen (Peso D).

Se procede a sumergir la briqueta en agua a una temperatura de 25° C, para así poder lograr tener el peso de la briqueta recubierto con parafina. (Peso E). El peso específico de la parafina se toma como 0.90 (Peso F).

$$\text{Cálculo de la gravedad específica aparente} = \frac{A}{D - E - \frac{(D - A)}{F}}$$

Dónde:

A = Peso de espécimen seco en el aire (gr.)

D = Peso del espécimen seco cubierto (gr.).

E = Peso del espécimen sumergido en agua (gr.).

F = Gravedad específica de la parafina.

Densidad del espécimen = (gravedad específica aparente del agua) x γ

Dónde:

γ = Densidad del agua 25° C (997,0 kg/m³)

3.2.4 Especímenes saturados con superficie seca (Sin recubrimiento de Parafina) Especímenes que contienen humedad

Se procede a sumergir los especímenes en agua a una temperatura de 25° C por un tiempo de 4 ± 1 minuto, para seguidamente ser pesados (Peso C). Si se presentan modificaciones en la temperatura de los especímenes en el baño en más de 2° C, se tendrá que sumergir por un tiempo de 10 a 15 minutos, y en el caso que la temperatura del agua se presente diferente a 25 ± 1 ° C, se desarrolla la rectificación para el peso específico de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección} = AT \times KS \times (B - C)$$

Dónde:

AT = 25° C (temperatura de baño de agua).

KS = 6×10^{-5} ML/ML/°C coeficiente promedio de la expansión térmica cúbica del cemento asfáltico.

Para determinar el espécimen del peso saturado a través de la superficie seca, se procedió secar la superficie del espécimen con una franela para ser pesado (Peso B). seguidamente el espécimen fue introducido al horno en un tiempo aproximado de 15 a 24 horas, a una temperatura promedio de 110 ± 5 ° C, una vez cumplido el periodo se procede a retirar la briqueta del horno y se empieza a enfriar una temperatura ambiente para finalmente ser pesado (Peso A).

3.2.5 Especímenes secos

Para conocer su peso de aire del espécimen se tiene que dejar al aire libre en una temperatura ambiente durante un tiempo promedio de una hora, para luego proceder a ser pesado (Peso A).

Seguidamente las briquetas son sumergidas en agua a una temperatura de 25° C por un tiempo de 4 ± 1 minuto y procedemos a pesar la briqueta sumergida en agua (Peso C). si la temperatura de la briqueta presenta una variación en el baño en más de 2° C, se procederá a sumergirlo en un tiempo de 10 a 15 minutos y en el caso que presente una variación de temperatura del agua (diferente a 25° C), se procederá a realizar la rectificación del peso específico aparente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección} = AT \times KS \times (B - C)$$

Dónde:

AT = 25° C (temperatura de baño de agua).

KS = 6×10^{-5} ML/ML/°C coeficiente promedio de la expansión térmica cúbica del cemento asfáltico.

Para determinar el peso de la briqueta saturada con una superficie seca, paso por un proceso de secado mediante una franela la parte de la superficie de dicha briqueta para seguidamente ser pesado (Peso B).

Para realizar el cálculo del peso específico Bulk se emplea la siguiente formula:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

Dónde:

A = Peso del espécimen seco en aire (gr.)

B = Peso en el aire del espécimen saturado con superficie seca (gr.)

C = Peso del espécimen sumergido en agua (gr.)

B – C = Peso del volumen de agua correspondientes al volumen del espécimen a 25°C

Para calcular el peso unitario del espécimen se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Peso unitario} = \text{Peso específico aparente} \times 664 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \left(0.997 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right)$$

Dónde:

997.0 = peso unitario del agua en kg/m³ a 25° C.

3.2.6 Especímenes Sin Recubrimiento De Parafina Y Con Dimensiones

Uniformes

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{0.758 (d)^2 (a)}$$

Dónde:

A = Peso del espécimen en aire (gr).

d = Diámetro de la briqueta (cm).

a = Altura de la briqueta (cm).

$$0.785 = \pi / 4$$

3.2.7 Peso específico teórico máximo (Rice)

Este procedimiento fue efectuado con una briqueta de mezcla asfáltica de 2000 gr aproximadamente, se procedió a colocarlo en un bowl de vidrio con agua destilada, y se empieza a mover hasta que se eliminen las burbujas de aire, por un tiempo promedio de 20 ± 5 minutos, para así poder obtener la gravedad específica teórica.

Calculo:

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{(A + D - E)}$$

Dónde:

A = Peso de la muestra seca en el aire (gr).

D = Peso de envase + agua a temperatura de 25° C (gr)

E = Peso del envase + agua + muestra a temperatura de 25° C (gr).

3.2.8 Cálculo del porcentaje de vacíos de aire

Para realizar este cálculo se emplearon los datos de densidad Bulk y el peso específico máximo teórico, para obtener el resultado del porcentaje se pueden emplear dos maneras:

$$\text{Porcentaje de vacíos de aire} = 100 \times \left(1 - \frac{Gmb}{Gmm}\right)$$

O

$$\text{Porcentaje de vacíos de aire} = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}$$

Dónde:

Gmb = Peso específico Bulk

Gmm = Peso específico teórico máximo

3.2.9 Porcentaje De Vacíos De Agregados

$$Vam = 100 - \%Vagr$$

Dónde

% Vagr = % volumen de agregados

3.2.10 Volumen efectivo del asfalto

$$Vea = \frac{Va}{Vam} \times 100$$

Dónde:

Va = Volumen del asfalto

Vam = Vacíos en agregados

3.2.11 Ensayo de estabilidad y flujo

Se procede a colocar la briqueta en un baño María por un periodo de entre 30 a 40 minutos. Se limpió completamente los instrumentos necesarios a utilizarse, (las barras, el molde de ensayo y guías), previamente se lubrico las barras, guías lo cual facilito que la mordaza pueda deslizarse sin presentar adversidades. La temperatura que debe presentarse el molde de ensayo tendrá que estar entre 21.2° C y 38.8° C, una vez realizado todo lo anterior mencionado, se procede a sacar el espécimen del baño María y se colocó bien centrado en el segmento inferior de la mordaza, se procede a colocar el medidor de flujo y ajustar a 0, finalmente se aplica la carga sobre la briqueta con una deformación constante de 50.80mm por minuto, hasta que se produzca la falla ya notamos el valor máximo de la carga.

3.2.12 Materiales y dosificación para la fabricación de mezcla asfáltica

Cuadro 20. Dosificación para mezcla convencional

| INSUMOS | PORCENTAJES (%) |
|-----------------|-----------------|
| Agregado Fino | 50.00 |
| Agregado Grueso | 48.00 |
| Cal Hidráulica | 2.00 |

Fuente: Elaboración propia

Se muestran como resultados los siguientes cuadros:

Cuadro 21. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente tradicional con 5.5% de cemento asfáltico.

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 5.50 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 45.34 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 47.25 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.70 | 6.60 | 6.50 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1177.00 | 1182.00 | 1167.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1183.00 | 1184.00 | 1170.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 607.90 | 679.50 | 670.30 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 575.10 | 504.50 | 499.70 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 6.00 | 2.00 | 3.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.047 | 2.343 | 2.335 | 2.242 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.450 | 2.450 | 2.450 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.598 | 0.733 | 0.780 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 16.449 | 4.367 | 4.694 | 8.5 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 25.7 | 14.9 | 15.2 | 18.6 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 36.0 | 70.7 | 69.1 | 58.6 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.672 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.00 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 5.50 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 2.95 | 2.90 | 3.00 | 2.95 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 984.5 | 1002.8 | 996.2 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 0.990 | 0.990 | 1.010 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 975 | 993 | 1006 | 991 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3305 | 3424 | 3353 | 3361 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con 6.00% de adición de cemento asfáltico.

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.00 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 45.10 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 47.00 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.90 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.60 | 6.40 | 6.00 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1173.00 | 1186.00 | 1126.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1175.00 | 1188.00 | 1127.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 673.70 | 675.10 | 648.40 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 501.30 | 512.90 | 478.60 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 2.00 | 2.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.340 | 2.312 | 2.353 | 2.335 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.450 | 2.455 | 2.455 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.678 | 0.860 | 1.214 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 4.490 | 5.825 | 4.155 | 4.8 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 15.5 | 16.5 | 15.0 | 15.7 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 71.0 | 64.7 | 72.3 | 69.3 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.695 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19))/(22*19) | % | 1.32 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.00 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 3.25 | 3.15 | 3.30 | 3.23 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1189.5 | 1194.2 | 1182.5 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.00 | 1.01 | 1.02 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1186 | 1211 | 1203 | 1200 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3644 | 3844 | 3645 | 3711 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de 6.50% de cementos asfáltico.

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.50 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.86 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 46.75 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.89 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.40 | 6.40 | 6.30 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1173.00 | 1183.00 | 1208.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1174.00 | 1184.00 | 1209.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 676.70 | 676.90 | 691.00 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 497.30 | 507.10 | 518.00 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.359 | 2.333 | 2.332 | 2.341 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.43 | 2.44 | 2.44 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.681 | 0.847 | 0.586 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 2.922 | 4.385 | 4.426 | 3.9 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 15.3 | 16.2 | 16.2 | 15.9 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 80.9 | 72.9 | 72.7 | 75.5 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.693 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.30 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.50 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 3.35 | 3.40 | 3.50 | 3.42 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1168.3 | 1165.9 | 1158.4 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.03 | 1.01 | 1.00 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1201 | 1180 | 1163 | 1181 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3585 | 3471 | 3323 | 3460 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de 7.00% de cemento asfáltico.

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 7.00 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.62 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 46.50 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.88 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.30 | 6.30 | 6.30 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1119.00 | 1158.00 | 1124.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1120.00 | 1159.00 | 1125.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 641.70 | 663.90 | 643.20 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 478.30 | 495.10 | 481.80 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.340 | 2.339 | 2.333 | 2.337 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.42 | 2.42 | 2.40 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.857 | 0.468 | 0.810 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 3.306 | 3.347 | 2.792 | 3.1 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 16.4 | 16.4 | 16.6 | 16.5 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 79.8 | 79.6 | 83.2 | 80.9 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.704 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.45 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 7.00 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 3.85 | 3.80 | 3.70 | 3.78 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1022 | 1005 | 1010 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.01 | 1.03 | 1.01 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1030 | 1038 | 1018 | 1029 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 2675 | 2732 | 2751 | 2719 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de 7.50% de cemento asfáltico.

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 7.50 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.38 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 46.25 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.87 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.50 | 6.20 | 6.30 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1183.00 | 1167.00 | 1151.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1184.00 | 1168.00 | 1152.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 680.70 | 666.50 | 659.80 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 503.30 | 501.50 | 492.20 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.350 | 2.327 | 2.338 | 2.338 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.41 | 2.42 | 2.41 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.864 | 0.826 | 0.813 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 2.490 | 3.962 | 3.148 | 3.2 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 16.5 | 17.3 | 16.9 | 16.9 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 84.9 | 77.1 | 81.4 | 81.1 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.715 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.60 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 7.50 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 2.30 | 2.40 | 2.80 | 2.50 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1011 | 1025 | 1008 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.01 | 1.01 | 1.03 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1024 | 1037 | 1036 | 1032 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 4452 | 4321 | 3700 | 4158 |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido los resultados de los diferentes porcentajes de adición de cemento asfáltico, se realizaron las gráficas correspondientes obteniendo el porcentaje óptimo de cemento asfáltico a utilizarse para el diseño de mezcla asfáltica.

| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| ESTAB C/C | 991 | 1200 | 1181 | 1029 | 1032 |

Cuadro 26. Resultado estabilidad a diferentes porcentajes de C.A.

Fuente: Elaboración propia.

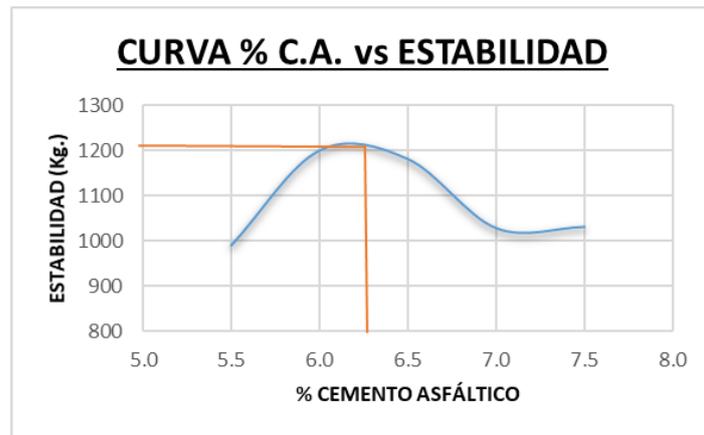


Figura 04. Estabilidad vs Contenido de Cemento Asfáltico

Fuente: Elaboración propia.

| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PESO UNT. | 2.242 | 2.335 | 2.341 | 2.337 | 2.338 |

Cuadro 27. Resultados peso unitario a diferentes porcentajes de C.A.

Fuente: Elaboración propia.

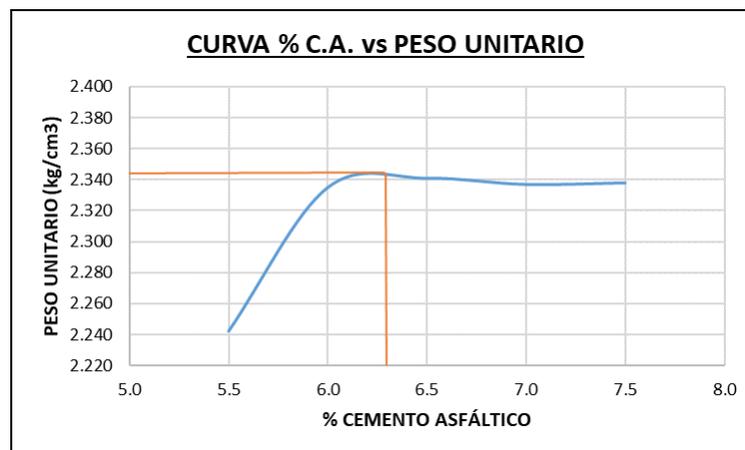


Figura 05. Peso Unitario vs Contenido de Cemento Asfáltico

Fuente: Elaboración propia.

| | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-----|
| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
| % Vacíos | 8.503 | 4.823 | 3.911 | 3.148 | 3.2 |

Cuadro 28. Resultados % de vacíos a diferentes porcentajes de C.A

Fuente: Elaboración propia.

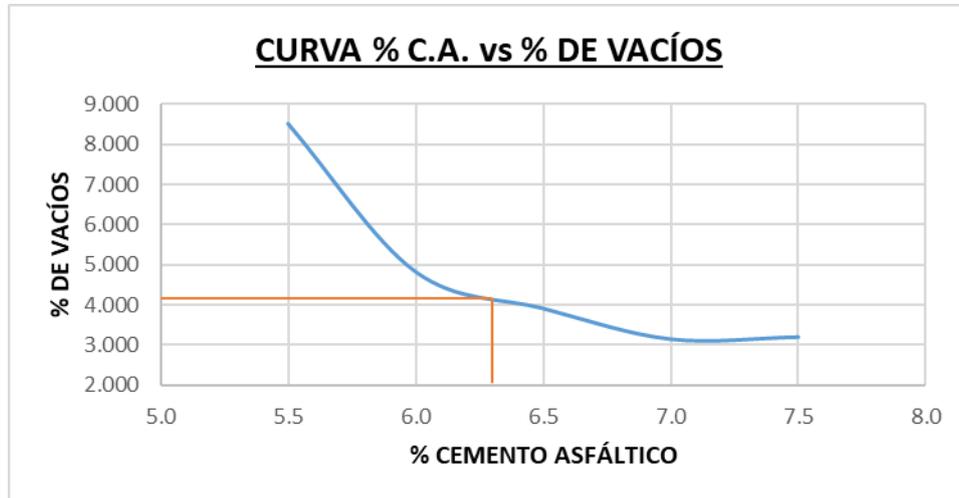


Figura 06. Porcentaje de vacíos vs contenido de cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia.

| | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|
| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
| FLUJO | 2.95 | 3.23 | 3.42 | 3.78 | 3.81 |

Cuadro 29. Resultados de flujo a diferentes porcentajes de C.A.

Fuente: Elaboración propia.

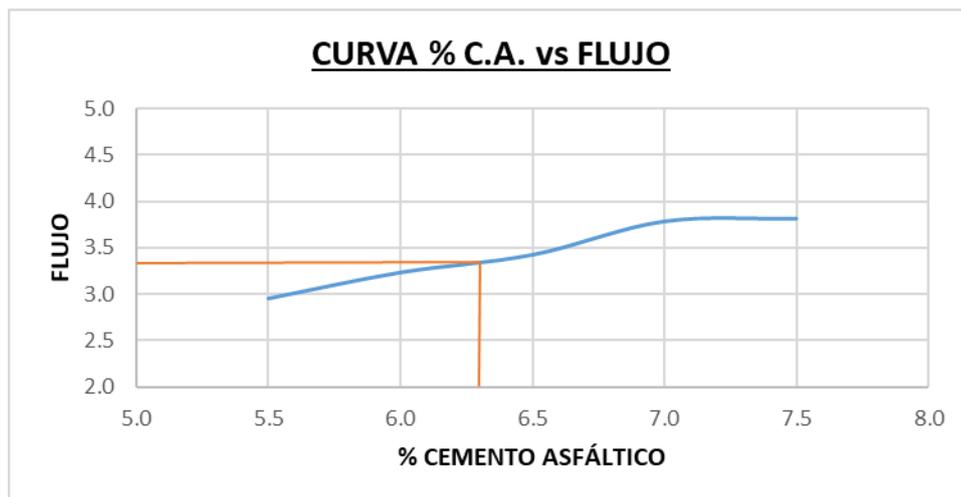


Figura 07. Flujo vs contenido de cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia.

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
| VMA | 18.6 | 15.7 | 15.9 | 16.5 | 16.9 |

Cuadro 30. Resultados de V.M.A. a diferentes porcentajes de C.A.

Fuente: Elaboración propia.

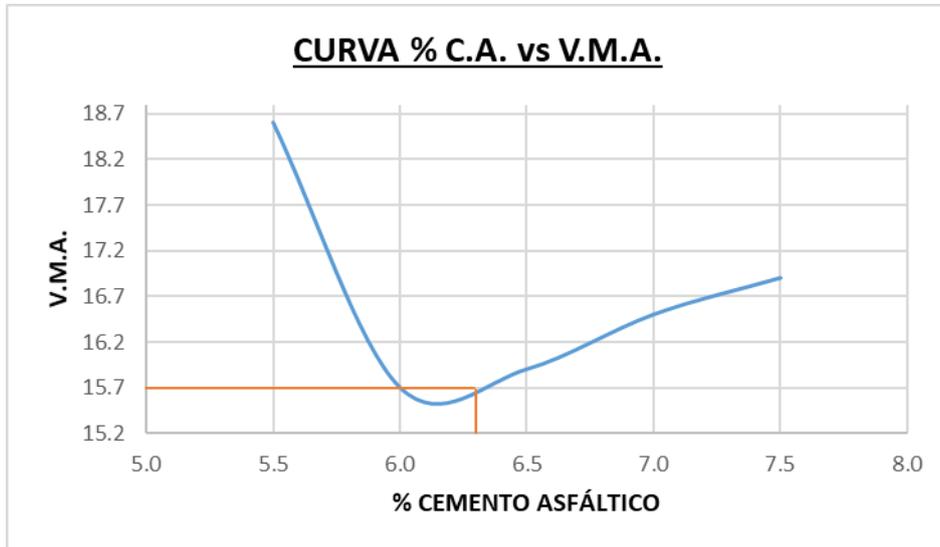


Figura 08. Porcentaje V.M.A. vs contenido de cemento asfáltico.

Fuente: Elaboración propia..

Resultados Ensayo Marshall Mezcla Asfáltica en Caliente Tradicional

| | |
|---|-------|
| CONTENIDO ÓPTIMO DE C.A. (%) | 6.3 |
| ESTABILIDAD (kg.) | 1240 |
| PESO UNITARIO (kg/m³) | 2.344 |
| VACÍOS DE AIRE (%) | 4.2 |
| FLUJO (0.01") | 3.3 |
| V.M.A. (%) | 15.69 |
| ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm) | 3618 |

□

3.3 Diseño de mezcla asfáltica modificada con vidrio molido reciclado Método Marshall

Para poder realizar este ensayo se ha establecido según los resultados realizados con los diferentes porcentajes de cemento asfáltico, que el contenido óptimo de este para la mezcla modificada y la metodología antes mencionada en el numeral 3.2., es de 6.3% de cemento asfáltico, para el cual se realizaron 3 briquetas para cada porcentaje de adición de vidrio molido reciclado.

Cuadro 31. Dosificación para mezcla modificada

| INSUMOS | PORCENTAJES % |
|-------------------------|---------------|
| Agregado Fino | 50.00 |
| Agregado Grueso | 48.00 |
| Cal Hidráulica | 2.00 |
| Vidrio Molido Reciclado | 10, 15 y 20 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 32. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con adición del 10% de vidrio molido reciclado.

| ITEM | BRIQUETAS (VM 10%) | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.30 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.94 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 42.17 | | | |
| 4 | % DE VIDRIO MOLIDO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 4.69 | | | |
| 5 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 9 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 10 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.50 | 5.80 | 6.20 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1139.00 | 1085.00 | 1134.00 | |
| 12 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1140.00 | 1086.00 | 1135.00 | |
| 13 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 650.00 | 619.90 | 647.00 | |
| 14 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (12 - 13) | cm ³ | 490.00 | 466.10 | 488.00 | |
| 15 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (12 - 11) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 16 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (11 / 14) | gr/cm ³ | 2.324 | 2.328 | 2.324 | 2.325 |
| 17 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.42 | 2.42 | 2.42 | |
| 18 | ABSORCIÓN | % | 0.980 | 0.827 | 0.772 | |
| 19 | PORCENTAJE DE VACIOS = (17-16/17*100) | % | 3.967 | 3.802 | 3.967 | 3.9 |
| 20 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 21 | V.M.A. = 100 - (2+3+5)*16/20 | % | 20.5 | 20.4 | 20.5 | 20.5 |
| 22 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (21-19)/21*100 | % | 80.6 | 81.4 | 80.6 | 80.9 |
| 23 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17-1/6) | gr/cm ³ | 2.671 | | | |
| 24 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*6*(23-20)/(23*20)) | % | 0.99 | | | |
| 25 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.30 | | | |
| 26 | FLUJO | mm | 2.95 | 2.90 | 3.00 | 2.95 |
| 27 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1180 | 1168 | 1160.5 | |
| 28 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 0.98 | 0.99 | 0.99 | |
| 29 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1161 | 1150 | 1152 | 1154 |
| 30 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3936 | 3966 | 3840 | 3914 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 33. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con adición del 15% de vidrio molido reciclado.

| ITEM | BRIQUETAS (VM 15%) | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.30 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.94 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 39.82 | | | |
| 4 | % DE VIDRIO MOLIDO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 7.03 | | | |
| 5 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 9 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 10 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.50 | 6.10 | 5.90 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1168.00 | 1129.00 | 1148.00 | |
| 12 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1170.00 | 1131.00 | 1150.00 | |
| 13 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 666.10 | 651.80 | 662.60 | |
| 14 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (12 - 13) | cm ³ | 503.90 | 479.20 | 487.40 | |
| 15 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (12 - 11) | gr | 2.00 | 2.00 | 2.00 | |
| 16 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (11 / 14) | gr/cm ³ | 2.318 | 2.356 | 2.355 | 2.343 |
| 17 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.41 | 2.41 | 2.41 | |
| 18 | ABSORCIÓN | % | 0.629 | 0.581 | 0.584 | |
| 19 | PORCENTAJE DE VACIOS = (17-16/17*100) | % | 3.817 | 2.322 | 2.363 | 2.834 |
| 20 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 21 | V.M.A. = 100 - (2+3+5)*16/20 | % | 22.8 | 21.6 | 21.6 | 22.0 |
| 22 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (21-19)/21*100 | % | 83.3 | 89.3 | 89.1 | 87.2 |
| 23 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17-1/6) | gr/cm ³ | 2.658 | | | |
| 24 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*6*(23-20)/(23*20)) | % | 0.80 | | | |
| 25 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.30 | | | |
| 26 | FLUJO | mm | 3.16 | 3.25 | 3.18 | 3.20 |
| 27 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1282.5 | 1254.5 | 1275.7 | |
| 28 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.00 | 1.00 | 1.01 | |
| 29 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1277 | 1251 | 1285 | 1271 |
| 30 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 4041 | 3849 | 4041 | 3977 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 34. Resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con la adición del 20% de vidrio molido reciclado.

| ITEM | BRIQUETAS (VM 20%) | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.30 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.94 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 37.48 | | | |
| 4 | % DE VIDRIO MOLIDO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 9.37 | | | |
| 5 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 9 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 10 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.20 | 6.00 | 5.90 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1155.00 | 1154.00 | 1145.00 | |
| 12 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1158.00 | 1155.00 | 1148.00 | |
| 13 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 658.50 | 653.50 | 651.70 | |
| 14 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (12 - 13) | cm ³ | 499.50 | 501.50 | 496.30 | |
| 15 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (12 - 11) | gr | 3.00 | 1.00 | 3.00 | |
| 16 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (11 / 14) | gr/cm ³ | 2.312 | 2.301 | 2.307 | 2.307 |
| 17 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.40 | 2.40 | 2.40 | |
| 18 | ABSORCIÓN | % | 0.753 | 0.811 | 0.780 | |
| 19 | PORCENTAJE DE VACIOS = (17-16/17*100) | % | 3.466 | 3.925 | 3.674 | 3.7 |
| 20 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 21 | V.M.A. = 100 - (2+3+5)*16/20 | % | 25.1 | 25.5 | 25.3 | 25.3 |
| 22 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (21-19)/21*100 | % | 86.2 | 84.6 | 85.5 | 85.4 |
| 23 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17-1/6) | gr/cm ³ | 2.638 | | | |
| 24 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*6*(23-20)/(23*20)) | % | 0.51 | | | |
| 25 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.30 | | | |
| 26 | FLUJO | mm | 3.54 | 3.48 | 3.35 | 3.46 |
| 27 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1136 | 1152.5 | 1143 | |
| 28 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 0.99 | 0.99 | 1.01 | |
| 29 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1127 | 1143 | 1153 | 1141 |
| 30 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3184 | 3284 | 3442 | 3303 |

Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|-----------------|------|------|------|
| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
| ESTABILIDAD C/C | 1154 | 1271 | 1141 |

Cuadro 35. Resultados estabilidad a diferentes porcentajes de Vidrio Molido.
Fuente: Elaboración propia.

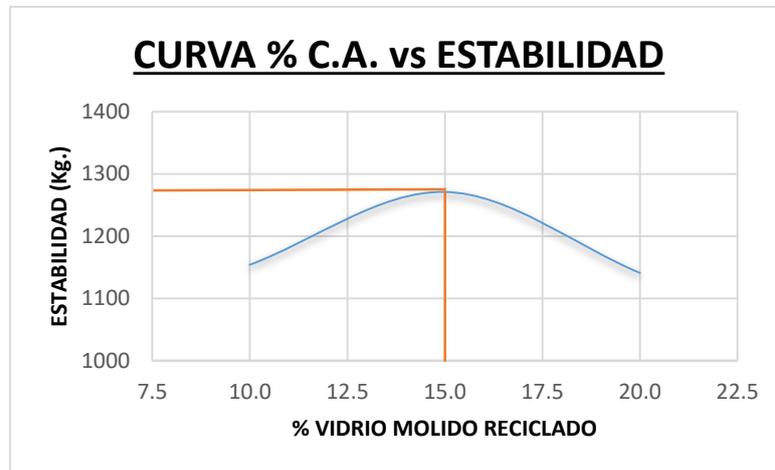


Figura 09. Estabilidad vs % de vidrio molido reciclado
Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|----------------|-------|-------|-------|
| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
| PESO UNT. | 2.325 | 2.343 | 2.307 |

Cuadro 36. Resultados de peso unitario a diferentes porcentajes de Vidrio Molido.
Fuente: Elaboración propia.

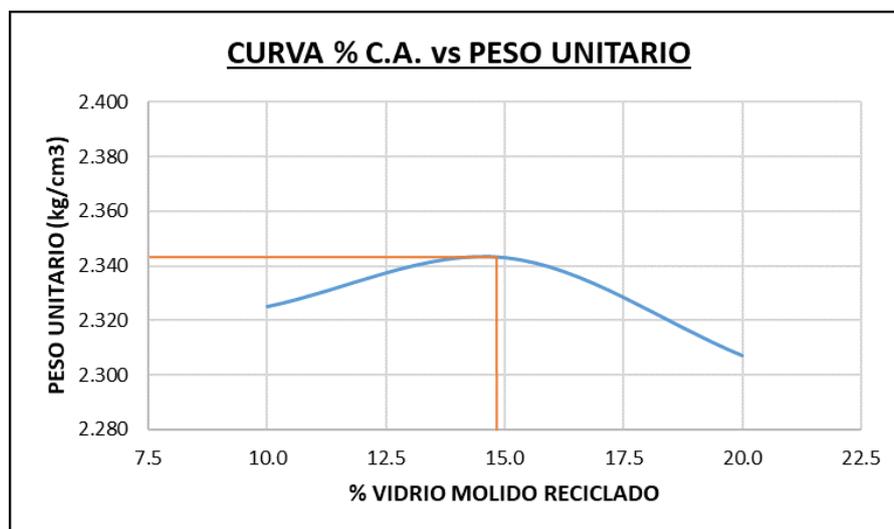


Figura 10. Peso unitario vs % de vidrio molido reciclado
Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|----------------|-------|-------|-------|
| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
| PESO UNT. | 3.912 | 2.834 | 3.688 |

Cuadro 37. Resultados de % de vacíos a diferentes porcentajes de Vidrio Molido.
Fuente: Elaboración propia.

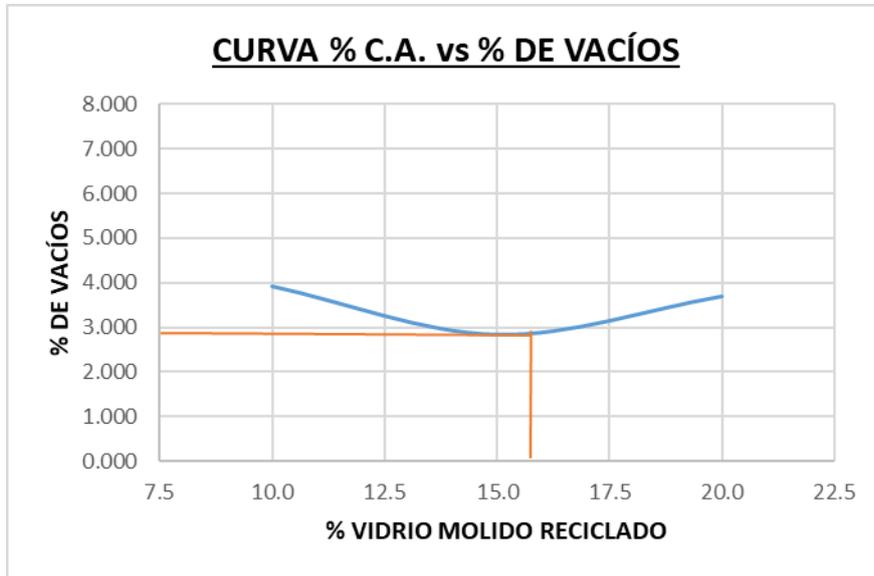


Figura 11. % de vacíos vs % de vidrio molido reciclado
Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|----------------|------|------|------|
| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
| PESO UNT. | 2.95 | 3.20 | 3.46 |

Cuadro 38. Resultados de flujo a diferentes porcentajes de Vidrio Molido.
Fuente: Elaboración propia.

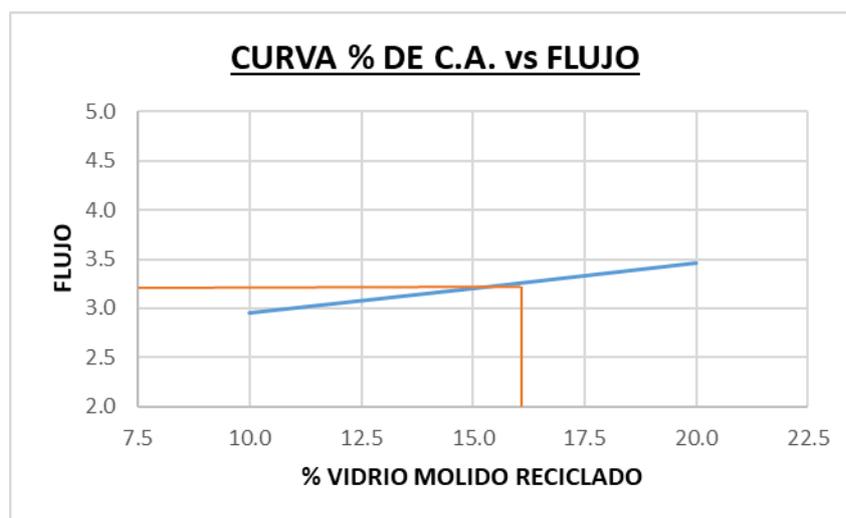


Figura 12. Flujo vs % de vidrio molido reciclado.
Fuente: Elaboración propia.

| | | | |
|----------------|------|----|------|
| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
| VMA | 20.5 | 22 | 25.3 |

Cuadro 39. Resultados de % de V.M.A a diferentes porcentajes de Vidrio Molido.
Fuente: Elaboración propia.

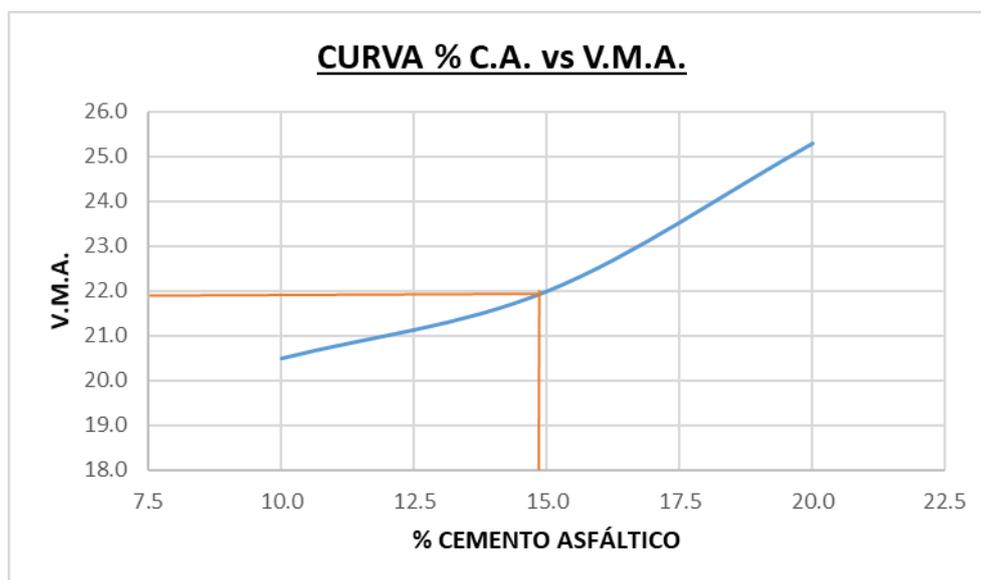


Figura 13. % V.M.A. vs % de vidrio molido reciclado

Fuente: Elaboración propia.

Resultados Método Marshall Mezcla Asfáltica Modificada

| | |
|--|--------------|
| CONTENIDO ÓPTIMO DE C.A. (%) | 6.3 |
| ESTABILIDAD (kg.) | 1278 |
| PESO UNITARIO (kg/m³) | 2.343 |
| VACÍOS DE AIRE (%) | 3.9 |
| OPTIMO CONTENIDO DE VIDRIO MOLIDO (%) | 14.8 |
| FLUJO (0.01") | 3.21 |
| V.M.A. (%) | 21.9 |
| ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm) | 3995 |

Comparación de la Mezclas Asfáltica en Caliente Tradicional con la Modificada

| CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | | |
|--|-------------|------------|
| MARSHALL | TRADICIONAL | MODIFICADA |
| CONTENIDO ÓPTIMO DE C.A. (%) | 6.3 | 6.3 |
| ESTABILIDAD (kg.) | 1240 | 1278 |
| PESO UNITARIO (kg/m ³) | 2.344 | 2.343 |
| VACÍOS DE AIRE (%) | 4.2 | 3.9 |
| FLUJO (0.01") | 3.3 | 3.21 |
| V.M.A. (%) | 15.69 | 19.8 |
| ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm) | 3618 | 3995 |

Cuadro 40. Comparación mezcla convencional con mezcla modificada

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Resistencia al desgaste, Máquina Los Ángeles

El ensayo se tuvo que realizar a 12 briquetas por el método Marshall mediante el estudio de resistencia al desgaste en la máquina de ángeles (3 briquetas para mezcla tradicional, 3 con mezcla asfáltica con incorporación del 10% de vidrio molido, 3 con 15% de vidrio molido y 3 con 20% de vidrio) el estudio se llevó a cabo bajo los parámetros establecidos en las normas (ASTM C535 y la MTC E515).

Se utilizó el equipo para la compactación (Maquina de Marshall), y la máquina de los ángeles, balanza y termómetro para medir la temperatura.

La briqueta tiene un peso de 12000 gramos, y fue realizada por medio del método Marshall, el ensayo tuvo una compactación de 75 golpes para cada lado su temperatura fue 22.5 ± 7.5 °C que esto será la temperatura del ensayo que duro 6 horas para posteriormente hacer las lecturas se obtuvo como un valor P1.

Para luego ensayar la briqueta en la máquina de los ángeles, se gira en el tambor hasta que llegue hasta una velocidad de 30 a 33rpm durante una velocidad constante de acuerdo 500 revoluciones.

Al termino del ensayo, seguidamente se retira las briquetas para posteriormente pesar y realizar lecturas y obtener un valor P2.

Fórmula para el cálculo Resistencia al desgaste

$$P = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Para lo cual tenemos:

P= Valor de perdida por desgaste, en %

P1=Peso inicial del espécimen en gramos (gr)

P2=Peso final del espécimen, en gramos (gr)

Cuadro 41. Resultado de la resistencia al desgaste

| BRIQUETA /%DEL VIDRIO | CÓDIGO | PESO 1 | N° DE REVOLUCI ONES | PESO 2 | % DE DESGASTE | % PROMD. DE DESGASTE |
|-----------------------------|--------|--------|---------------------------|---------|------------------|----------------------------|
| G1 | P.A | 1120 | 500 | 1014.70 | 9.40 | 9.40 |
| | P.B | 1120 | | 1015.70 | 9.31 | |
| | P.C | 1120 | | 1013.70 | 9.49 | |
| G2(10%) | 10% A | 1139 | 500 | 967.10 | 15.09 | 15.13 |
| | 10% B | 1142 | | 970.00 | 15.06 | |
| | 10% C | 1135 | | 962.00 | 15.24 | |
| G3(15%) | 15% A | 1168 | 500 | 965.90 | 17.30 | 17.52 |
| | 15% B | 1150 | | 946.00 | 17.74 | |
| | 15% C | 1170 | | 965.00 | 17.52 | |
| G4 (20%) | 20% A | 1146 | 500 | 909.00 | 20.68 | 20.60 |
| | 20% B | 1148 | | 913.00 | 20.47 | |
| | 20% C | 1152 | | 914.00 | 20.66 | |

Fuente: Elaboración propia.

- G1: Grupo de control (6.3% de vidrio molido)
- G2: grupo de estudio (10% de vidrio molido)
- G3: grupo de estudio (15% de vidrio molido)
- G4: grupo de estudio (20 % de vidrio molido)

3.5 Comparación de la mezcla asfáltica tradicional con la mezcla asfáltica modificada

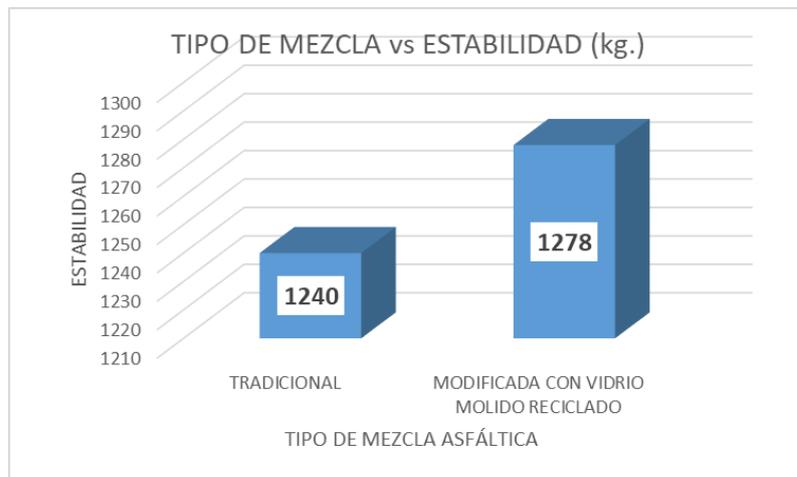


Figura 14. Estabilidad (kg) vs Tipo de mezcla

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14, se observa que los resultados obtenidos por el método Marshall realizado a el diseño de mezcla asfáltica tradicional y modificada con la incorporación de vidrio molido reciclado, resulta un incremento de estabilidad, haciendo soportar una carga adicional de 38 kg, lo que representa el 1.51% con respecto al diseño de la mezcla asfáltica tradicional, indicando que al reemplazar el agregado fino con el vidrio molido reciclado mejora la resistencia y así evitar deformaciones frecuentes.

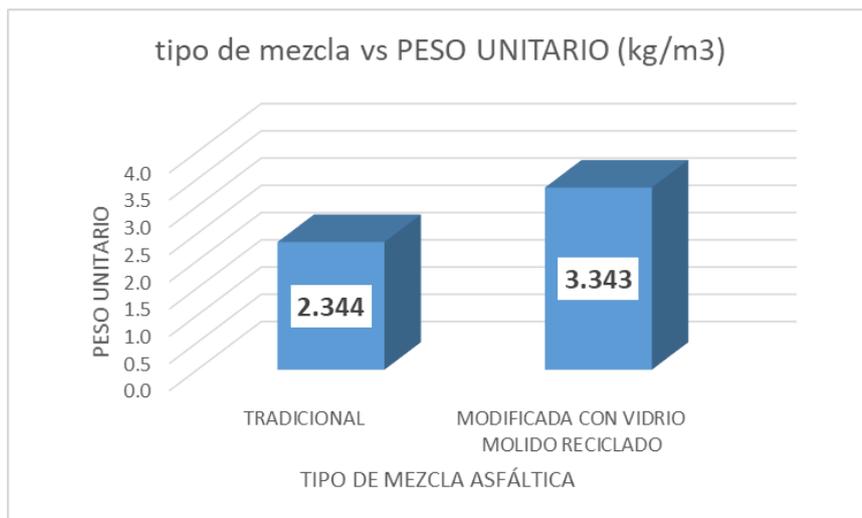


Figura 15. Peso unitario vs tipo de mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados se puede verificar que el diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada con el aumento de porcentajes de vidrio molido, aumentan en peso unitario 1 kg/m³, por lo que generaría un rendimiento más duradero.

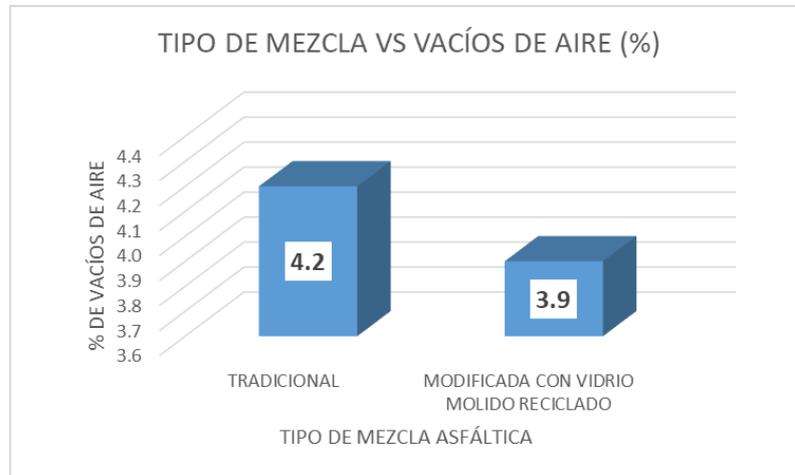


Figura 16. % de vacíos de aire vs tipo de mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16, Se observa que los resultados que nos arrojan existen una variación en el porcentaje de vacíos de aire, teniendo como resultado un 3.9% para el diseño de mezcla modificada, siendo un porcentaje permitido ya que los márgenes están dentro del 3% y 5% permitidos, si se logrará tener un porcentaje del 3% de vacíos reflejaría baja permeabilidad de la mezcla generando deterioro en la capa de rodadura, o permitiendo el ingreso de aire y agua.

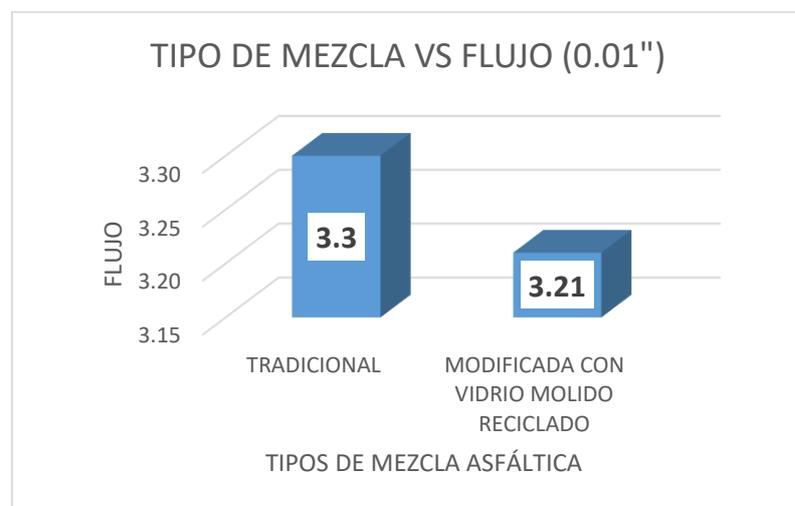


Figura 17. Flujo vs Tipo de mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17, se observa que el diseño de mezcla modificada con porcentajes de vidrio molido reciclado presenta una severa reducción en el flujo de 3.3mm a 3.21mm, siendo el 2.73% comparado a la mezcla tradicional, llegamos a la conclusión de que aparte de brindar propiedades de elasticidad a la mezcla asfáltica, también tiene un aumento en la rigidez, obteniendo como resultado una mezcla asfáltica que brinda propiedades beneficiosas para una resistencia ante posibles deformaciones frecuentes.

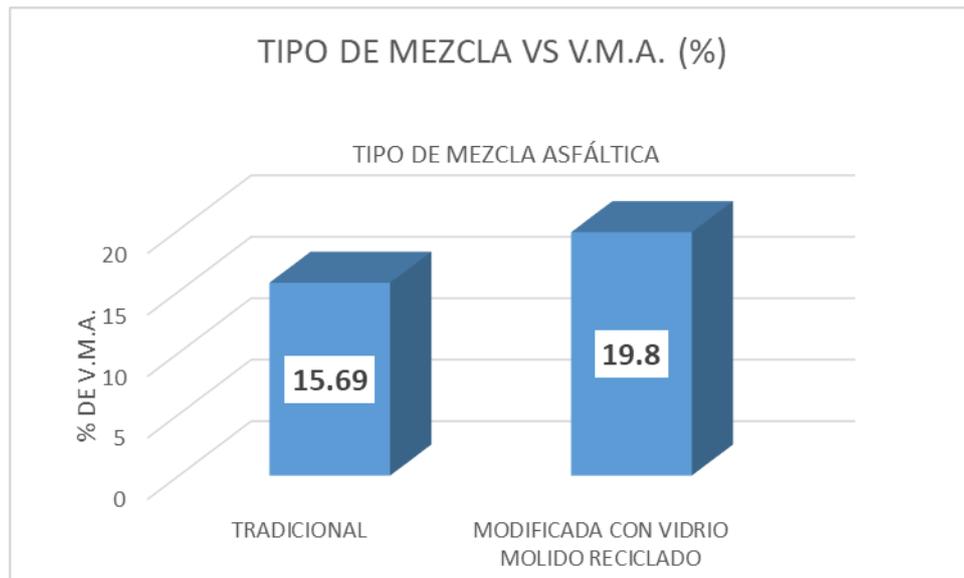


Figura 18. % de V.M.A. vs Tipo de Mezcla Asfáltica

Fuente: Elaboración propia.

Se pueden observar los datos de los estudios realizados al diseño de mezcla asfáltica tradicional y con la incorporación del vidrio molido, donde refleja un 15.69% de V.M.A. para la mezcla asfáltica tradicional y un 19.8% de V.M.A. para la mezcla asfáltica modificada, teniendo un incremento de 4.11%. Por lo cual, se puede verificar que el reemplazo de vidrio molido reciclado por el agregado fino contribuye a un mayor vació en el mineral del agregado. Beneficiándonos por lo que si se presenta un porcentaje bajo de vacío existiría problemas de durabilidad baja, de acuerdo al MS-22 del Instituto del Asfalto.

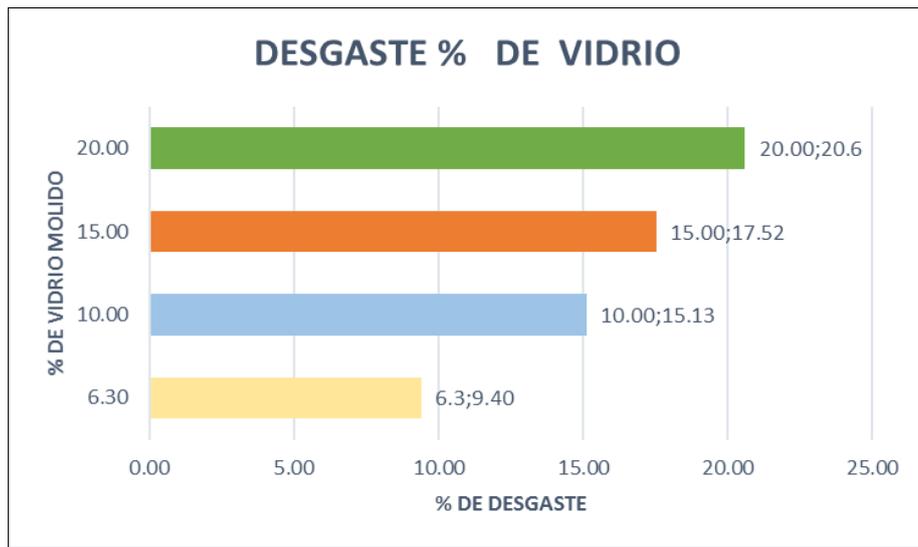


Figura 19. Desgaste de especímenes

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la figura 19, el valor de desgaste de las briquetas que fueron ensayadas para cada grupo con los porcentajes que se muestran, para las cuales se realizó un grupo de control de 6.3% y las otras con la incorporación del vidrio, G2 10% de vidrio molido, G3 15% de vidrio molido, G4 20% de vidrio molido, para lo cual se puede observar que el estudio experimental para la mezcla asfáltica con 20% tiene una mejor resistencia al desgaste como se puede ver el valor presentado de 20.6% a comparación de la mezcla tradicional resulto en un 9.40% de resistencia al desgaste se puede decir que al agregar más porcentaje de vidrio la resistencia al desgaste incrementa.

Cuadro 42. Análisis de Shapiro-Wilk.

| | SHAPIRO-WILK | | | | |
|----------------------|--------------|----|-------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Estadístico | gl | Sig. |
| GRUPO CONTROL | 0,175 | 3 | 1,000 | 3 | 1,000 |
| G.E.1 (10%) | 0,328 | 3 | 0,871 | 3 | 0,298 |
| G.E.2 (15%) | 0,175 | 3 | 1,000 | 3 | 1,000 |
| G.E.3 (20%) | 0,354 | 3 | 0,821 | 3 | 0,165 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Según los valores que se representan en el análisis de Shapiro-Wilk, podemos observar que cumple con los parámetros establecidos en este análisis, ya que el sig valor es mayor que 0.05.

Cuadro 43. Análisis de Anova

| ANOVA | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|-------------------|----|------------------|----------|-------|
| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| REPET. % DESGASTE | Entre grupos | 202,094 | 3 | 67,365 | 3400,821 | 0,000 |
| | Dentro de grupos | 0,158 | 8 | 0,020 | | |
| | Total | 202,252 | 11 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Según los datos adquiridos de la prueba de Shapiro-Wilk se procede a realizar el análisis de Anova como se observa en el cuadro 42, resultado que el sig. 0,000 lo que significa que cumple de acuerdo a la repetición del desgaste de las briquetas.

Cuadro 44. Análisis HSD Tukey.

| Variable dependiente | (I) CÓDIGO DE GRUPO | (J) CÓDIGO DE GRUPO | Diferencia de medias (I-J) | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| REPET. % DESGASTE | G1 (0% Vidrio Molido) | G2 | -5,73000* | 0,000 | -6,0980 | -5,3620 |
| | | G3 | -8,12000* | 0,000 | -8,4880 | -7,7520 |
| | | G4 | -11,20333* | 0,000 | -11,5713 | -10,8353 |
| | G2 (10% Vidrio Molido) | G1 | 5,73000* | 0,000 | 5,3620 | 6,0980 |
| | | G3 | -2,39000* | 0,000 | -2,7580 | -2,0220 |
| | | G4 | -5,47333* | 0,000 | -5,8413 | -5,1053 |
| | G3 (15% Vidrio Molido) | G1 | 8,12000* | 0,000 | 7,7520 | 8,4880 |
| | | G2 | 2,39000* | 0,000 | 2,0220 | 2,7580 |
| | | G4 | -3,08333* | 0,000 | -3,4513 | -2,7153 |
| | G4 (20% Vidrio Molido) | G1 | 11,20333* | 0,000 | 10,8353 | 11,5713 |
| | | G2 | 5,47333* | 0,000 | 5,1053 | 5,8413 |
| | | G3 | 3,08333* | 0,000 | 2,7153 | 3,4513 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Existe diferencia significativa entre los grupos como se muestra en la tabla de comparaciones múltiples de acuerdo a los datos ingresados en el programa Sppss (análisis HSD Tukey) y el código de grupo representa a los datos insertados de las briquetas ensayadas de resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles, lo que significa 1,00 representa al grupo de control de mezcla tradicional del 6.3% y el 2,00 es el 10% ; 3,00 el 15% y 4,00 el 20% de mezcla modificada con adición del vidrio molido reciclado se puede observar que, al haber mayor incorporación de vidrio molido reciclado, los resultados varían como el 1,00 su valor es de 5,47300 el 2,00 es 2,39000; el 3,00 es 3,08333 y el 4,00 es 11,20333, y el sig 0,000 por lo que se puede afirmar que cumple, para esta investigación de acuerdo a los ensayos realizados.

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados arrojados durante este proyecto de investigación, se puede decir que nuestra hipótesis que fue planteada en el inicio del mismo que está establecida para el vidrio molido reciclado, se observa que a medida que se reemplaza el agregado fino por los diferentes porcentajes de vidrio molido, la estabilidad aumenta y se mantiene constante según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y los parámetros establecidos.

Los resultados obtenidos en nuestro proyecto, tiene relación con la investigación de Freire (2018) titulada, “Uso de vidrio en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación”, para lo cual realizó 6 diseños de 0%, 3%, 6%,9% 12%,15% de adición para posteriormente comparar la mezcla asfáltica tradicional y la otra con la incorporación de vidrio, en sus resultados se observa que porcentaje más óptimo que cumple con las especificaciones es el 3% y 6% donde mejora la estabilidad y flujo y en comparación con nuestra investigación que diseñamos la mezcla asfáltica en caliente adicionando porcentajes de 10%, 15% y 20% de vidrio molido se puede observar que la estabilidad y el flujo aumenta cuando se adiciona el 15% y el 20% se puede decir que ambas investigaciones hay una mejora adicionando porcentajes de vidrio.

Ochoa (2018), en su investigación llamada, Evaluación de la influencia del vidrio reciclado como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos, determinó la relación que existe reemplazar el agregado fino en la elaboración de mezcla asfáltica para pavimentos realizo probetas con el 10, 20 y 30% la incorporación de vidrio reciclado como un reemplazante de agregado fino se observa que los vacíos aire atrapado disminuye cuando se adiciona el 10% de vidrio en comparación al incorporar el 20% y 30% notamos que existe una mejor resistencia incrementando el contenido de aire a mayor incorporación de porcentaje de vidrio y en comparación con nuestra investigación efecto del vidrio molido en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente agregando porcentajes de vidrio del 10%, 15% y el 20% para elaboración de la mezcla asfáltica se observa que existe mayor incremento de vacíos cuando se adiciona el 10% y el 20% de vidrio.

En la investigación de Torres y Zevallos (2019), titulada Uso del vidrio reciclado en el diseño de la mezcla asfáltica en la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa Margarita Piura, se determinó los espesores para la parte estructurales de 3.94” para una base granular de 30 cm para el pavimento en la carpeta asfáltica y sub base de 30

cm y para la mezcla asfáltica se obtuvo resultado de 1125 kg para una mejor estabilidad y flujo es 3.81 y porcentajes de vacíos de aire 4.3 y el índice de rigidez de 3499, se puede decir al agregar el 10% de vidrio molido alcanza para un m² y para nuestra tesis de investigación efecto del vidrio reciclado molido en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente incorporando vidrio molido con los porcentajes del 10%, 15%, 20% se determinó la estabilidad y flujo aumenta al añadir vidrio molido en comparación de la mezcla convencional ambas investigaciones presenta mayor incremento de estabilidad y flujo

También los resultados de nuestra investigación tienen relación con Díaz y Bobadilla (2018), en su investigación llamada, Modificación de mezcla asfáltica mediante fibras de vidrio listas para instalar para lo cual se realizó 3 briquetas por cada prueba con la incorporación de fibra de vidrio con los porcentajes de 0.75%, 0.85%, 0.95, 1.05%, 1.15%, 1.25% y 1.35% se observa incremento de estabilidad cuando se adiciona 0.75% y 0.85 y en comparación con diseño de mezcla modificada se realizaron 3 briquetas por cada prueba con los porcentajes de 10%, 15%, 20% y un grupo de control de 6.3% para la resistencia al desgaste se observó de acuerdo a los ensayos realizados la estabilidad y el flujo aumenta cuando se incorpora el 15% y el 20% para ambas investigaciones el vidrio molido es un componente aporta como un componente para la mezcla asfáltica en el pavimento.

Pinedo y Vaca (2019), Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, realizaron 3 briquetas por cada porcentaje de fibra de polipropileno para determinar el porcentaje óptimo con la adherencia de porcentajes del 0.5, 1.5 y 2.5 %, según los resultados pudieron decir que la mezcla modificada con el 1.5 % de fibra de polipropileno presento menor pérdida de material y mayor disgregación de la mezcla, incrementando la durabilidad, mientras que en nuestra investigación se tiene una relación porque se ensayaron 3 briquetas con la adición de porcentajes de 10, y % de vidrio molido reciclado en la maquina los ángeles donde se obtuvo el resultado que al incorporar el 20% de vidrio molido reciclado en la briqueta y someterlos en la maquila de los ángeles se pudo determinar que mientras el porcentaje de vidrio molido aumente, la perdida por desgaste también lo hará, disminuyendo la durabilidad, teniendo un resultado totalmente contrario que al utilizar fibra de polipropileno en la mezcla asfáltica.

V. CONCLUSIONES

1. Se evaluó las propiedades por el método de análisis granulométrico del agregado fino y grueso extraído de la cantera La Soledad para afirmar que cumpla con el número de tamices establecidos en los parámetros de la norma (MTC E-204), logrando obtener resultados satisfactorios y seguidamente llevar a cabo el diseño de mezcla asfáltica en caliente.
2. Se diseñó la mezcla asfáltica en caliente convencional, utilizando agregados de la cantera La Soledad con porcentajes de 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% y 7.5% de cemento asfáltico para lo cual se obtuvo como resultados de estabilidad de 991 kg, 1200 kg, 1181 kg, 1029kg, 1032 kg respectivamente, y para el flujo se resultó de 2.95 mm, 3.23 mm, 3.42 mm, 3.78 mm y 2.50 mm.
3. Se diseñó la mezcla asfáltica en caliente reemplazando el agregado fino con porcentajes de 10 %, 15 % y 20 % de vidrio molido reciclado obteniendo como resultado de estabilidad de 1154 kg, 1271 kg y 1141 kg y flujo de 2.95 mm, 3.20 mm y 3.46 mm, para posteriormente ensayar las briquetas por el método Marshall donde se pueden observar en los resultados que a medida que se reemplaza el agregado fino con el vidrio molido reciclado la estabilidad aumenta, llegando a concluir que el porcentaje más óptimo en nuestra investigación es de 14.8% de vidrio molido reciclado para tener una mejor estabilidad.
4. Se realizó en la máquina de los ángeles el ensayo de resistencia al desgaste utilizando las briquetas ensayadas del aparato Marshall, con un grupo de control de 6.3 % de cemento asfáltico y con porcentaje de vidrio molido reciclado de 10%, 15% y 20% donde se obtuvo como resultados de 9.40% para el grupo de control, 15.13%, 17,52% y 20.60% de vidrio molido de resistencia al desgaste, lo que genera que a mayor incorporación de vidrio la reducción de pérdida de material aumenta y disminuye la durabilidad en el pavimento .
5. En el desarrollo de esta investigación se comparó la mezcla asfáltica tradicional con la modificada teniendo una estabilidad de 1240 kg para la convencional y la modificada de 1278 kg confirmando que al incorporar vidrio reciclado molido ayuda a mejorar estabilidad.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar a los agregados obtenidos de la cantera todos los ensayos establecidos y descritos en las normativas correspondientes (EG-2013), y utilizar el mismo material ensayado para la elaboración de la mezcla asfáltica tanto tradicional como modificada, a la vez deben cumplir con los parámetros de la gradación (MAC). Ya que esto me ayudara a obtener un buen diseño de mezcla.
2. Se recomienda usar mezclas asfálticas con vidrio reciclado molido y hacer los ensayos de las briquetas en el aparato Marshall de acuerdo a la norma (MTC E-204) y así poder determinar una buena estabilidad.
3. Las mezclas asfálticas deben de presentar una estabilidad efectiva tanto a una alta temperatura como a baja temperatura sin presentar daños, para lo cual se recomienda hacer un balance óptimo de tal manera que las propiedades presentadas sean las mejores para ambos casos.
4. Se recomienda respetar los parámetros establecidos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones con respecto a la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente, para así lograr obtener los mejores resultados posibles.
5. Con respecto a la reducción de costos en elaboración, se recomienda hacer los estudios correspondientes para poder determinar los porcentajes de reducción y/o aumento de costo, para poder verificar si el empleo de la mezcla modifica con vidrio molido sea la mejor opción para reducir gastos de producción.

VII. REFERENCIAS

1. ALVAREZ, Briceño Luis y Carrera, Sánchez Ever. Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Trujillo. Universidad Privada Antenor Orrego. 2017.
2. CABASCANGO, Mireya; Benalcázar, Javier y Suárez, Alexandra. Pavimentos sustentables con vidrio reciclado en asfalto para vías públicas. Universidad Técnica del Norte. 2016.
3. CANO, Juan y Cruz, Pulgarin Carlos. Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil. Pereira. Universidad Libre Seccional Pereira 2017.
4. DÁVALOS, Murray Yvette Rocio. Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: polietileno expandido. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de materiales. Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín. 2015.
5. DIAZ, Bonilla Modificación de mezclas asfálticas mediante fibras de vidrio listas para instalar. Seleccionar del alto Magdalena. Universidad Piloto de Colombia. 2018.
6. FRERIRE, Karlenn. Uso de vidrio en las mezclas asfálticas con el propósito de reducir la contaminación. Tesis ingeniero civil. Quito Ecuador. Universidad Católica del Ecuador. 2018.
7. HERNANDEZ, Rodríguez. Modificación de Mezclas Asfálticas listas para utilizar en caliente mediante fibra de vidrio SIKAFIBER®AD. Artículo para obtener el título de ingeniero civil. Universidad Piloto de Colombia. 2018.
8. LOPEZ Jácome, Stalin y VELOZ Vásquez, Alexandra. Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba. Tesis (Título ingeniero civil). Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército, 2013. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6533>
9. MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: sección suelos y pavimentos. Lima: MTC, 2014

10. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MC-ETGC). Lima: MTC, 2013.
11. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: sección suelos y pavimentos. Lima: MTC, 2014.
12. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 111 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 72 pp.
13. 20. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 114 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 91 pp.
14. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 204 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 303 pp.
15. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 205 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 309 pp.
16. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 206 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 312 pp.
17. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 207 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 315 pp.
18. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 209 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 329 pp.
19. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 210 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 337 pp.
20. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 219 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 378 pp.
21. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 220 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 380 pp.
22. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 222 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 389 pp.
23. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 504 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 683 pp.
24. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) 515 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 644 pp.

25. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). Red Vial Departamental. Lima. 2015.
Disponible en:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapas_viales.html
26. OCHOA, Luis. Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos. Tesis para obtener el título de ingeniero civil. Lambayeque Pimentel. Universidad Señor de Sipán. 2018.
27. PINEDO, Vaca. Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018. Tesis para obtener el título de ingeniero civil. Trujillo, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2018.
28. RAMÍREZ, Gutiérrez Mijail Alexis. La geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos. Lima. Universidad Ricardo Palma 2013.
29. STANDARD test method for aggregate. Standard test method for aggregate durability index, ASTM D3744/ D3744M-11a. West Conshohocken: ASTM International, 2011.
30. Sika® Fiber CHO 65/35 NB. Fibra de acero pegadas para refuerzo del concreto normal y concreto proyectado. 6 ed. Lima, 2015.
31. TORRES, Zevallos. Uso del vidrio reciclado en el diseño de mezcla asfáltica para la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa Margarita-Piura 2018 Para obtener el título de ingeniero civil. Piura. Universidad cesar Vallejo. 2018.
32. STANDARD test method for agregate. standard teste method for determing the porcentaje of fractured particles in coarse aggrete, ATSM D 5821- 13 (2017). west Consholhocken: ASTM 2017.
33. VIZCARRA, M.A. (28 de julio de 2019). Matín Vizcarra anuncia proyecto de Infraestructura de la Red Vial Departamental. La República, pp. 1 – 2.

ANEXOS

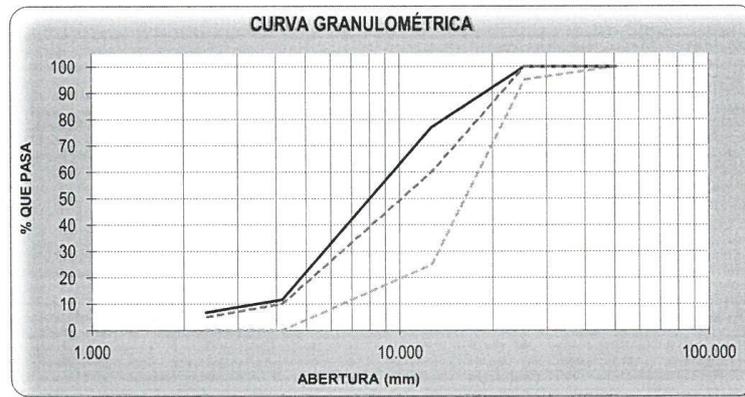


| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES | |
|--|---|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS | |
| ASTM C 136 | |
| PROYECTO | : EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD |
| SOLICITANTE | : MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE - PINEDO PINEDO WILSON |
| RESPONSABLE | : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA |
| UBICACIÓN | : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD |
| FECHA | : OCTUBRE DEL 2019 |
| MUESTRA | : C-X / A'G' / Cantera La Soledad / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE) |

DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 2400.00
 Peso de muestra tamizada sin plato : 2237.80
 Peso de muestra en el plato : 162.20

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso Retenido | %Retenido Parcial | %Retenido Acumulado | %Que Pasa | Requisito de % que Pasa | Contenido de Humedad |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| 3 plg | 76.200 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | 0.48% |
| 2 plg | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| 1 1/2 plg | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Módulo de Finura |
| 1 plg | 25.400 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 95 - 100 | |
| 3/4 plg | 19.050 | 118.10 | 4.92 | 4.92 | 95.08 | | 6.29 |
| 1/2 plg | 12.700 | 433.30 | 18.05 | 22.98 | 77.03 | 25 - 60 | Tamaño Máximo |
| 3/8 plg | 9.525 | 474.20 | 19.76 | 42.73 | 57.27 | | 3/4 plg |
| No4 | 4.178 | 1095.20 | 45.63 | 88.37 | 11.63 | 0 - 10 | |
| 8 | 2.360 | 117.00 | 4.88 | 93.24 | 6.76 | 0 - 5 | Tamaño Máximo |
| PLATO | | 162.20 | 6.76 | 100.00 | 0.00 | | Nominal |
| Total | | 2400.00 | 100.00 | | | | 1/2 plg = 12.70 mm |



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C 136

PROYECTO : EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD

SOLICITANTE : MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE - PINEDO PINEDO WILSON

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A* / Cantera La Soledad / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

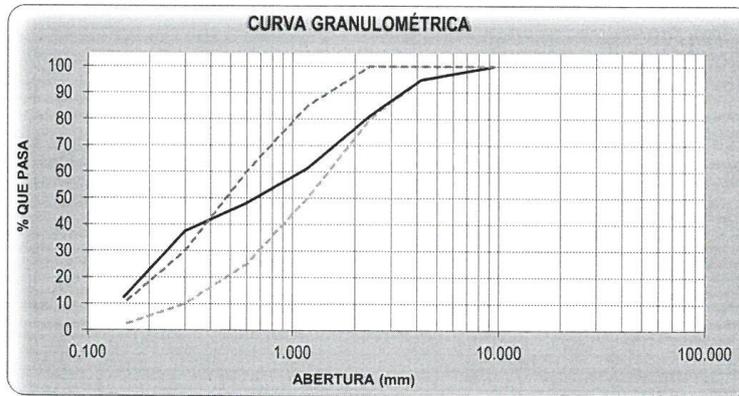
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 500.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 438.28

Peso de muestra en el plato : 61.72

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso Retenido | %Retenido Parcial | %Retenido Acumulado | %Que Pasa | Requisito de % que Pasa | Contenido de Humedad |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------------|------------------------------|
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 1.57% |
| No4 | 4.178 | 25.47 | 5.09 | 5.09 | 94.91 | 95 - 100 | |
| 8 | 2.360 | 68.11 | 13.62 | 18.72 | 81.28 | 80 - 100 | Módulo de Finura |
| 16 | 1.180 | 100.00 | 20.00 | 38.72 | 61.28 | 50 - 85 | 2.65 |
| 30 | 0.600 | 65.79 | 13.16 | 51.87 | 48.13 | 25 - 60 | Tamaño Máximo |
| 50 | 0.300 | 53.60 | 10.72 | 62.59 | 37.41 | 10 - 30 | No4 |
| 100 | 0.150 | 125.31 | 25.06 | 87.66 | 12.34 | 2 - 10 | Tamaño Máximo Nominal |
| PLATO | | 61.72 | 12.34 | 100.00 | 0.00 | | |
| Total | | 500.00 | 100.00 | | | | 8 = 2.360 mm |

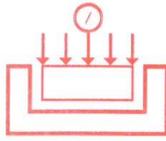


CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

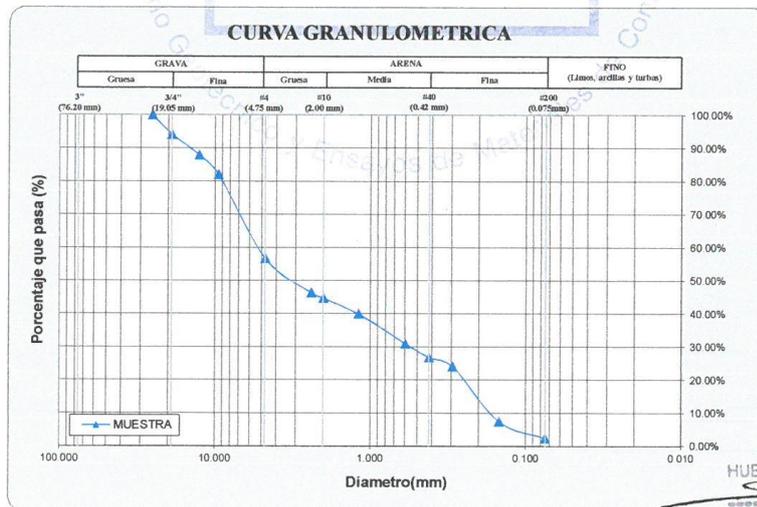
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD
 SOLICITA: BACH. WILSON PINEDO PINEDO Y BACH. JIDALTE MELENDREZ CAUCHA
 UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
 FECHA: TRUJILLO, 28 DE OCTUBRE DEL 2019

| | | | |
|-----------------|----------------|----------|-------|
| CANTERA: | LA SOLEDAD | Sondaje: | - |
| CLASE DE SUELO: | ARENA UNIFORME | Muestra: | UNICA |

PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

| Peso Original (gr) | | 1000.00 | | | | Especificaciones | | OBSERVACIONES: | |
|-----------------------|---------|----------|----------|-----------|---------|--------------------------|----------|---|-------------------------------|
| Pérd. por lavado (gr) | | 24.04 | | | | Límites | | | |
| Peso Tamizado (gr) | | 975.96 | | | | Superior | Inferior | T. Máximo Nominal: 3/4" | |
| ABERT. MALLA | | Peso | % | % Ret | % | % | % | Límites de Consistencia: | |
| Pulg/malla | mm | Retenido | Retenido | Acumulado | Pasa | Pasa | Pasa | Límite Líquido: NP | |
| | | | | | | | | Límite Plástico: NP | |
| | | | | | | | | Límite de Contracción: NP | |
| | | | | | | | | Índice de Plasticidad: NP | |
| 2" | 50.800 | | | | | | | Porcentaje en muestra: | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | | | % Grava (3" a #4): 43.27% |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | | | | % Arena (#4 a #200): 54.32% |
| 3/4" | 19.050 | 58.36 | 5.84% | 5.84% | 94.16% | | | | % Finos (Menor a #200): 2.40% |
| 1/2" | 12.700 | 62.74 | 6.27% | 12.11% | 87.89% | | | Características Granulométricas: | |
| 3/8" | 9.525 | 58.49 | 5.85% | 17.96% | 82.04% | | | | D60: (mm): 5.37 |
| No 4 | 4.750 | 253.14 | 25.31% | 43.27% | 56.73% | | | | D50: (mm): 3.22 |
| No 8 | 2.381 | 103.97 | 10.40% | 53.67% | 46.33% | | | | D30: (mm): 0.55 |
| No 10 | 2.000 | 16.23 | 1.62% | 55.29% | 44.71% | | | | D10: (mm): 0.17 |
| No 16 | 1.191 | 48.06 | 4.81% | 60.10% | 39.90% | | | | Cu: 31.59 |
| No 30 | 0.595 | 89.26 | 8.93% | 69.03% | 30.98% | | | | Cc: 0.33 |
| No 40 | 0.420 | 41.43 | 4.14% | 73.17% | 26.83% | | | | Clasificación: |
| No 50 | 0.296 | 27.31 | 2.73% | 75.90% | 24.10% | | | | |
| No 100 | 0.149 | 166.35 | 16.64% | 92.53% | 7.47% | | | | AASHTO: A-1a [0] |
| No 200 | 0.075 | 50.62 | 5.06% | 97.60% | 2.40% | | | | |
| Plato | 24.04 | 2.40% | 100.00% | 0.00% | | Contenido de humedad (%) | 0.90 | | |
| Sumatoria | 1000.00 | 100.00% | | | | | | | |



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 José Antonio Huertas Martel
 INGENIERO CIVIL
 CIP 148106

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES | |
|--|---|
| PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS | |
| ASTM C 127 | |
| PROYECTO | : EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD |
| SOLICITANTE | : MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE - PINEDO PINEDO WILSON |
| RESPONSABLE | : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA |
| UBICACIÓN | : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD |
| FECHA | : OCTUBRE DEL 2019 |
| MUESTRA | : C-X / A'G' / Cantera La Soledad / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE) |

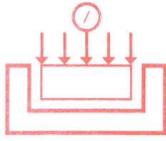
| PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G° | Ensayo 01 | Ensayo 02 |
|---|-----------|-----------|
| A= Peso en el aire de la muestra seca (g) | 2031.90 | 2038.14 |
| B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g) | 2070.00 | 2076.78 |
| C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g) | 1291.80 | 1300.00 |
| Peso específico de masa (Pem) | 2.61 | 2.62 |
| Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) | 2.66 | 2.67 |
| Peso específico aparente (Pea) | 2.75 | 2.76 |
| Absorción (%) | 1.88 | 1.90 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem) | 2.62 | |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS) | 2.67 | |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea) | 2.75 | |
| ABSORCIÓN PROMEDIO (%) | 1.89 | |

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA
EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: WILSON ANGEL PINEDO PINEDO / JIDALTE MELENDEZ CAUCHA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 10 DE OCTUBRE DEL 2019

| | |
|--------------------|----------------|
| CANTERA: | LA SOLEDAD |
| CLASE DE MATERIAL: | GRAVA UNIFORME |

ENSAYO DE ABRASION

Graduación Maquina: 500 Revoluciones

| Mallas que Pasa - Retiene | Peso Inicial (gr) | Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr) | Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr) | Porcentaje de Abrasión del Agregado (%) |
|--|-------------------|--|--|---|
| Global | 5000 | 4225 | 775 | 15.50 |
| | | | | |
| | | | | |
| LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE : | | | | 15.50 % |

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto; solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
José Cristhian Huertas Marte
Ing. José Cristhian Huertas Marte
C. 118106

| ENSAYO DE DURABILIDAD | | | | | | | | |
|---|--------|--------------------|---------------|------------------|---------|-----|-------------------------|-----------------------|
| (NORMA AASHTO T-104) | | | | | | | | |
| ENSAYO REALIZADO CON SULFATO DE SODIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | | | | | | |
| PROYECTO : "EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD" | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : PINEDO PINEDO WILSON ANGEL MELENDREZ CAUCHA JIDALTE | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD. | | | | | | | | |
| FECHA : OCTUBRE DEL 2019 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| CANTERA : LA SOLEDAD | | | | | | | | |
| MUESTRA : M-1 | | | | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | | | | |
| TAMAÑO | | PESO REQUERIDO (g) | RECIPIENTE N° | PESO INICIAL (g) | PERDIDA | | ESCALONADO ORIGINAL (%) | PERDIDA CORREGIDA (%) |
| | | | | | PESO | % | | |
| 2" | 1 1/2" | | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 1000.0 | | 1002.6 | 980.6 | 2.2 | 24.9 | 0.55 |
| 1" | 3/4" | 500.0 | | 503.6 | 489.6 | 2.8 | 23.2 | 0.65 |
| 3/4" | 1/2" | 670.0 | | 671.5 | 650.1 | 3.2 | 22.7 | 0.72 |
| 1/2" | 3/8" | 330.0 | | 333.2 | 319.6 | 4.1 | 16.9 | 0.69 |
| 3/8" | 1/4" | 300.0 | | 302.2 | 275.6 | 8.8 | 12.2 | 1.07 |
| TOTALES | | | | 2813.1 | 2715.5 | | 100.0 | 3.7 |

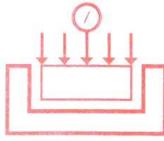



Enrique Francisco Laján Silva
Ing. Civil - M.S. en Ing. Geotécnica
CIP: 54460

| ENSAYO DE DURABILIDAD | | | | | | | | |
|---|-------|--------------------|---------------|------------------|---------|-----|-------------------------|-----------------------|
| (NORMA AASHTO T-104) | | | | | | | | |
| ENSAYO REALIZADO CON SULFATO DE SODIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | | | | | | |
| PROYECTO : "EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD" | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : PINEDO PINEDO WILSON ANGEL MELENDREZ CAUCHA JIDALTE | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD. | | | | | | | | |
| FECHA : OCTUBRE DEL 2019 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| CANTERA : LA SOLEDAD | | | | | | | | |
| MUESTRA : M-1 | | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | | | | | |
| TAMAÑO | | PESO REQUERIDO (g) | RECIPIENTE Nº | PESO INICIAL (g) | PERDIDA | | ESCALONADO ORIGINAL (%) | PERDIDA CORREGIDA (%) |
| | | | | | PESO | % | | |
| $\frac{3}{8}$ " | Nº 4 | | | 100.0 | 95.9 | 4.1 | 19.2 | 0.79 |
| Nº 4 | Nº 8 | | | 100.0 | 97.6 | 2.4 | 33.2 | 0.80 |
| Nº 8 | Nº 16 | | | 100.0 | 96.6 | 3.4 | 22.0 | 0.75 |
| Nº 16 | Nº 30 | | | 100.0 | 92.6 | 7.4 | 14.7 | 1.08 |
| Nº 30 | Nº 60 | | | 100.0 | 93.2 | 6.8 | 11.0 | 0.75 |
| TOTALES | | | | 500 | 475.9 | | 100.0 | 4.2 |




Enrique Francisco Loján Silva
Ing. Civil - MsSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS MTC E-210-2000

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD

SOLICITA: WILSON ANGEL PINEDO PINEDO / JIDALTE MELENDREZ CAUCHA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 10 DE OCTUBRE DEL 2019

CANTERA: LA SOLEDAD

a. Con una cara fracturada

| Tamiz (pulg) | Abertura (mm) | A (g) | B (g) | C (B/A)*100 | D (%) | E C x D |
|-----------------|------------------|----------|----------|----------------|----------|------------|
| 1 1/2" | 38.10 | | | | | |
| 1" | 25.40 | 350.00 | 280.00 | 80.00% | 18.23% | 14.58% |
| 3/4" | 19.00 | 400.00 | 380.00 | 95.00% | 20.83% | 19.79% |
| 1/2" | 12.70 | 620.00 | 550.00 | 88.71% | 32.29% | 28.65% |
| 3/8" | 9.50 | 550.00 | 420.00 | 76.36% | 28.65% | 21.88% |
| TOTAL | | 1920.00 | | | 100.00% | 84.90% |

Porcentaje con una Cara Fracturada =

84.90%

a. Con dos caras fracturadas

| Tamiz (pulg) | Abertura (mm) | A (g) | B (g) | C (B/A)*100 | D (%) | E C x D |
|-----------------|------------------|----------|----------|----------------|----------|------------|
| 1 1/2" | 38.10 | | | | | |
| 1" | 25.40 | 350.00 | 50.50 | 14.43% | 18.23% | 2.63% |
| 3/4" | 19.00 | 400.00 | 147.40 | 36.85% | 20.83% | 7.68% |
| 1/2" | 12.70 | 620.00 | 358.50 | 57.82% | 32.29% | 18.67% |
| 3/8" | 9.50 | 550.00 | 321.20 | 58.40% | 28.65% | 16.73% |
| TOTAL | | 1920.00 | | | 100.00% | 45.71% |

Porcentaje con dos Caras Fracturadas =

45.71%

Donde:

A = Peso muestra

B = Peso material con caras fracturadas

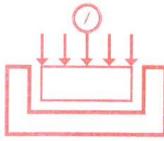
C = Porcentaje de cara fracturada

D = Porcentaje retenido gradacion original

E = Promedio de caras fracturadas

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Marte
C. D. 148125



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO REICLADO EN LA ELABORACION DE
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA
CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: WILSON ANGEL PINEDO PINEDO / JIDALTE MELENDREZ CAUCHA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 10 DE OCTUBRE DEL 2019
CANTERA: LA SOLEDAD - AGREGADO GRUESO

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

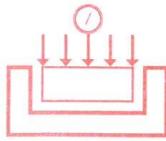
| | |
|---|--------|
| TIPO: | GP |
| PROFUNDIDAD (mts): | - |
| PESO FIOLA (g): | 201.30 |
| PESO FIOLA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g): | 275.76 |
| PESO FIOLA + SALES (g): | 201.37 |
| CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%): | 0.09 |
| CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (ppm): | 900 |

| Exposición a Sulfatos | Sulfato soluble en agua presente en el suelo (% en peso) | Sulfato en el agua (ppm) | Tipo de Cemento |
|-----------------------|--|--------------------------|--|
| Insignificante | 0.00 - 0.10 | 0 - 150 | I |
| Moderada | 0.10 - 0.20 | 150 - 1,500 | II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM) (MS), I(SM)(MS) |
| Severa | 0.20 - 2.00 | 1,500 - 10,000 | V |
| Muy Severa | mas de 2.00 | mas de 10,000 | Tipo V más puzzolana |

Fuente: Tabla 4.4 de Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Martel
 C.P. 148105



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO REICLADO EN LA ELABORACION DE
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA
CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: WILSON ANGEL PINEDO PINEDO / JIDALTE MELENDREZ CAUCHA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 10 DE OCTUBRE DEL 2019
CANTERA: LA SOLEDAD - AGREGADO FINO

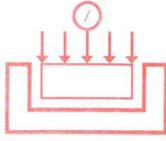
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

| | |
|---|--------|
| TIPO: | SP |
| PROFUNDIDAD (mts): | - |
| PESO FIOLA (g): | 175.80 |
| PESO FIOLA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g): | 285.15 |
| PESO FIOLA + SALES (g): | 175.86 |
| CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%): | 0.05 |
| CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (ppm): | 500 |

| Exposición a Sulfatos | Sulfato soluble en agua presente en el suelo (% en peso) | Sulfato en el agua (ppm) | Tipo de Cemento |
|-----------------------|--|--------------------------|--|
| Insignificante | 0.00 - 0.10 | 0 - 150 | I |
| Moderada | 0.10 - 0.20 | 150 - 1,500 | II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM) (MS), I(SM)(MS) |
| Severa | 0.20 - 2.00 | 1,500 - 10,000 | V |
| Muy Severa | mas de 2.00 | mas de 10,000 | Tipo V más puzzolana |

Fuente: Tabla 4.4 de Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Christian Huertas Marte
C.P. 142105



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

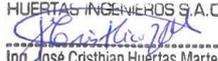
Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

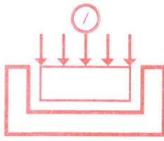
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D 4791

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: WILSON ANGEL PINEDO PINEDO / JIDALTE MELENDREZ CAUCHA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 10 DE OCTUBRE DEL 2019
CANTERA: LA SOLEDAD

RESULTADOS:

| TAMIZ (Pulg.) | ABERTURA (mm) | AGREGADO GRUESO | | | CHATAS y ALARGADAS | | |
|--|------------------|-----------------|--------|--------|--------------------|------|---------------|
| | | PESO RET. | % RET. | % PASA | PESO | (%) | (%) CORREGIDO |
| 2" | 50.80 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.10 | | | 100.0 | | | |
| 1" | 25.40 | 350.0 | 18.2 | 81.8 | 25 | 7.1 | 1.3 |
| 3/4" | 19.00 | 400.0 | 20.8 | 60.9 | 47.5 | 11.9 | 2.5 |
| 1/2" | 12.70 | 620.0 | 32.3 | 28.6 | 125.2 | 20.2 | 6.5 |
| 3/8" | 9.50 | 550.0 | 28.6 | | 80 | 14.5 | 4.2 |
| TOTAL | | | | | 277.7 | | 14.5 |
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Grs.) | | | | | 1920.0 | | |
| PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) | | | | | 14.5 | | |

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Marte[®]
 C.P. 149105



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (NTP 339.146)

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD

SOLICITA: WILSON ANGEL PINEDO PINEDO / JIDALTE MELENDREZ CAVEBA

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 10 DE OCTUBRE DEL 2019

CANTERA: LA SOLEDAD

| ENSAYO | M-1 | M-2 |
|-------------------------------------|--------|--------|
| LECTURA DEL NIVEL DE MUESTRA + AGUA | 250 | 250 |
| LECTURA DEL NIVEL DE ARENA: | 100.25 | 100.1 |
| SE(%) | 40.10% | 40.04% |

CALCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA:

| | |
|----------|--------|
| PROMEDIO | 40.07% |
|----------|--------|

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristian Huertas Martel
C.P. 148105

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
ASTM C 128**

PROYECTO : EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD

SOLICITANTE : MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE - PINEDO PINEDO WILSON

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A* / Canteras La Soledad / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

| PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° F° | Ensayo 01 | Ensayo 02 |
|---|-----------|-----------|
| A= Peso en el aire de la muestra seca (g) | 489.56 | 489.25 |
| B= Peso de la fiola afreada llena de agua (g) | 667.20 | 641.50 |
| C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g) | 975.80 | 950.70 |
| S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g) | 500.00 | 500.00 |
| Peso específico de masa (P _{em}) | 2.56 | 2.56 |
| Peso específico de masa saturada con superficie seca (P _{eSSS}) | 2.61 | 2.62 |
| Peso específico aparente (P _{ea}) | 2.71 | 2.72 |
| Absorción (%) | 2.13 | 2.20 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (P _{em}) | 2.56 | |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (P _{eSSS}) | 2.62 | |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (P _{ea}) | 2.71 | |
| ABSORCIÓN PROMEDIO (%) | 2.16 | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

| ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO MTC E 222 | | | | | |
|---|----------|----------------------------|------------|-----------------------------|--------------|
| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | | | |
| PROYECTO : "EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD" | | | | | |
| SOLICITANTE : PINEDO PINEDO WILSON ANGEL MELENDREZ CAUCHA JIDALTE | | | | | |
| UBICACIÓN: CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD. | | | | | |
| FECHA : OCTUBRE DEL 2019 | | | | | |
| TAMAÑOS DE MALLAS | | | | Peso Especifico | Contenido de |
| PASA | RETENIDO | Volumen (cm ³) | Peso (gr.) | Bruto (gr/cm ³) | Vacios (6) |
| # 8 | # 200 | 932 | 1422.3 | 2.617 | 41.7 |
| # 8 | # 200 | 932 | 1382.2 | 2.617 | 43.3 |
| # 8 | # 200 | 932 | 1395 | 2.617 | 42.8 |
| | | | | Promedio | 42.6 |
| | | | | Especificación : | 40 min |




Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MsSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460



Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTES : MELÉNDEZ CAUCHA JIDALTE
PINEDO PINEDO WILSON ÁNGEL

PROYECTO : "EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA AELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD".

LUGAR :

DISTRITO : TRUJILLO

PROVINCIA : TRUJILLO.

DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD.



17 DE OCTUBRE DEL 2019

Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MSc. Ing. Geotécnica
CIP. 64460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - (044)408092
 enriquegeo@hotmail.com

I.1. DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS

I.1. CONSIDERACIONES INICIALES

Las características de los agregados serán los siguientes:

a. Gradación tamaño máximo 1/2"

| TAMIZ | ESPECIFICACIONES ASTM D 3515 |
|--------|---------------------------------|
| 3/4" | 100 |
| 1/2" | 90 – 100 |
| N° 4 | 44 – 74 |
| N° 8 | 28 – 58 |
| N° 50 | 5 – 21 |
| N° 200 | 2 - 10 |

b. Gradación de Filler o Polvo Mineral

| TAMIZ | ESPECIFICACIONES ASTM D 3515 |
|--------|---------------------------------|
| N° 30 | 100 |
| N° 50 | 95 – 100 |
| N° 200 | 80 – 90 |

c. Requisitos para la Mezcla Asfáltica

| PARAMETROS DE DISEÑO MARSHALL (MTC E 504) | ESPECIFICACION |
|---|----------------|
| Estabilidad (kg) | 750 min |
| Flujo (mm) | 2 – 4 |
| Porcentaje Vacíos de aire (MTC E 505) | 3 – 5 |
| Vacíos en el agregado mineral | Ver cuadro 4.1 |
| Compactación N° golpes | 75 |
| Índice de Rigidez | 1700 – 3000 |




Enrique Francisco Luján Silva
 Ing. Civil - M.Sc. Ing. Geotécnica
 CIP. 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
 94 9946311 - 94 8420425 - (044)408092
 enriquegeo@hotmail.com

Vacios Mínimos en el Agregado Mineral (VMA)

| TAMIZ | VMA MARSHALL |
|--------------------|-----------------|
| 2,36 mm (N° 8) | 21 |
| 4,75 mm (N° 4) | 18 |
| 9,5 mm (3/8") | 16 |
| 12,5 mm (1/2") | 15 |
| 19,0 mm (3/4") | 14 |
| 25,0 mm (1") | 13 |
| 37,5 mm (1 1/2") | 12 |
| 50,0 mm (2") | 11.5 |

NOTA: Los valores de la tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de la mezcla.

Previo al proceso de dosificación se ha verificado que los materiales integrantes, así como la mezcla de agregados, cumplan los requisitos de calidad referentes a resistencia de los agregados, forma y textura superficial de las partículas, propiedades de adherencia y absorción de los componentes de mezcla. El procedimiento se inicia con la preparación de las muestras, las cuales luego de ser compactadas se someten a los siguientes ensayos:

- Determinación de la densidad
- Ensayos de estabilidad y deformación
- Análisis de densidad y vacíos.




Enrique Francisco Luján Silva
 Ing. Civil - M.Sc. Ing. Geotécnica
 CIP. 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
 94 9946311 - 94 8420425 - (044)408092
enriquegeo@hotmail.com

Los requisitos de calidad de los agregados son:

| ENSAYO | ESPECIFICACION |
|---|----------------|
| Agregados Gruesos | |
| Durabilidad (ASTM C-88) | Máx. 12% |
| Abrasión (ASTM C-131) | Máx. 40% |
| Partículas Chatas y Alargadas (ASTM D-693) | Máx. 15% |
| Absorción de Agua (ASTM C-127) | Máx. 1% |
| Caras Fracturadas | Min. 75%* |
| Sales Solubles | Máx. 0.5% |
| Agregado Fino | |
| Durabilidad (ASTM C-88) | Máx. 12% |
| Absorción de Agua (ASTM C-128) | Máx. 1% |
| Equivalente de Arena (ASTM 2419) | Min. 50% |
| Indice de Plasticidad de Material menor Malla 200 | Máx. 4% |
| Sales Solubles | Máx. 0.5% |

I.2. PREDISEÑO MARSHALL

Una vez definidas las gradaciones de los agregados, y en base a los diseños y ensayos previos, se procedió al diseño de las mezclas asfálticas correspondientes.

Se efectuaron ensayos con el Método Marshall para definir el contenido óptimo de cemento asfáltico, con mezclas cuyo contenido de asfalto se varió desde 5.5 a 7.5%, con incrementos de 0.5%. Se ha utilizado cal hidratada en un porcentaje de 2% del total de la mezcla.

El porcentaje de cal hidratada en el prediseño de la mezcla asfáltica se determinó en base a tanteos granulométricos para diversos porcentajes de agregados.




Enrique Francisco Loján Silva
Ing. Civil - MsSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - (044)408092
enriquegeo@hotmail.com

PREDISEÑO N° 1

AGREGADOS TAMAÑO MAXIMO 1/2" – PEN 85 /100

Los ensayos realizados dieron los resultados siguientes:

| | | |
|---------------------------------------|---|-------|
| - Estabilidad (kg) | : | 910 |
| - Flujo (mm) | : | 3.80 |
| - Peso Unitario (gr/cm ³) | : | 2.369 |
| - Vacíos (%) | : | 3.10 |
| - VMA (%) | : | 17.0 |
| - VLLCA (%) | : | 83.00 |
| - Índice de Rigidez (kg/cm) | : | 2,368 |
| - Optimo C.A. (%) | : | 6.70 |

PREDISEÑO N° 2

AGREGADOS TAMAÑO MAXIMO 1/2" – PEN 120 / 150

Los ensayos realizados dieron los resultados siguientes:

| | | |
|---------------------------------------|---|-------|
| - Estabilidad (kg) | : | 930 |
| - Flujo (mm) | : | 3.70 |
| - Peso Unitario (gr/cm ³) | : | 2.360 |
| - Vacíos (%) | : | 3.10 |
| - VMA (%) | : | 17.50 |
| - VLLCA (%) | : | 83.0 |
| - Índice de Rigidez (kg/cm) | : | 2,514 |
| - Optimo C.A. (%) | : | 6.90 |



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO

94 9946311 - 94 8420425 - (044)408092

 enriquegeo@hotmail.com



Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

Los resultados obtenidos en este pre-diseño satisfacen los valores de estabilidad, flujo, vacíos de la mezcla. Asimismo, el índice de rigidez se encuentra dentro del rango especificado.

El diseño Marshall definitivo será realizado en la etapa de construcción por el Contratista con la aprobación de la Supervisión.

I.3. EVALUACION DE RESULTADOS

Los requerimientos mínimos de diseño satisfacen los valores de estabilidad, flujo, vacíos en el agregado mineral y porcentaje de vacíos de aire en la mezcla. Así mismo, el índice de rigidez se halla dentro del rango especificado.

Para efectos de adherencia áridos – asfalto, se han efectuado ensayos con la Norma MTC E-220-99. De acuerdo a los resultados obtenidos con esta Norma no se requeriría el uso de un aditivo mejorador de adherencia.

Sin embargo, de acuerdo a la experiencia obtenida en otros Proyectos, la cal hidratada considerada en el prediseño realizado podría contribuir a mejorar la adherencia entre el árido y el asfalto. Es necesario resaltar que el diseño Marshall definitivo será realizado en la etapa de construcción por el Contratista con la aprobación de la Supervisión. En ésta etapa, deberán efectuarse ensayos de Estabilidad Marshall retenida a 24 horas con y sin el uso de cal hidratada, para verificar su aporte o no, como mejorador de adherencia.

En el caso de optar por el uso de cal hidratada en la mezcla el porcentaje a ser utilizado deberá también ser determinado en el diseño Marshall definitivo, bajo aprobación de la Supervisión.



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MSc. Ing. Geotécnica
CIP. 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - (044)408092
enriquegeo@hotmail.com



Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

DISEÑO DE MEZCLA

CALCULO POR VOLUMEN PARA 1000 gln RC-250

| | | | |
|--------------------------------|---|----------|----------------|
| Peso 1000 gln PEN 85/100 | = | 3774.00 | kg. |
| Peso del Agregado | = | 61480.00 | kg. |
| Agregado Grueso/m ³ | = | 15.00 | m ³ |
| Agregado Fino/m ³ | = | 21.00 | m ³ |

PROPORCION RECOMENDADA:

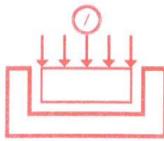
| | | | |
|-------------------------|---|---------|----------------|
| AGREGADO FINO (ARENA) | = | 21.00 | m ³ |
| AGREGADO GRUESO (GRAVA) | = | 15.00 | m ³ |
| ASFALTO PEN 85/100 | = | 1000.00 | gal. |

CANTIDAD DE ASFALTO: 27.90 gal/m³




Enrique Francisco Loján Silva
Ing. Civil - MsSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - (044)408092
enriquegeo@hotmail.com



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO REICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL / MELENDREZ CAUCHA JIDALTE
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 20 DE NOVIEMBRE DEL 2019

| | |
|--------------------|-------------------------------------|
| CANTERA: | LA SOLEDAD |
| CLASE DE MATERIAL: | BRIQUETA DE ASFALTO 6.3% DE ASFALTO |

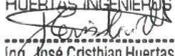
ENSAYO DE ABRASION

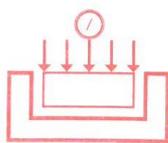
Graduación Maquina: 500 Revoluciones

| Numero de ensayo | Peso Inicial (gr) | Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr) | Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr) | Porcentaje de Abrasión del Agregado (%) |
|--|-------------------|--|--|---|
| 1 | 1120 | 1014.7 | 105.3 | 9.40 |
| 2 | 1120 | 1015.7 | 104.3 | 9.31 |
| 3 | 1120 | 1013.7 | 106.3 | 9.49 |
| LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE : | | | | 9,40 % |

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto, solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Marte
C.P. 148105



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA
EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL / MELENDREZ CAUCHA JIDALTE
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 20 DE NOVIEMBRE DEL 2019

| | |
|--------------------|--|
| CANTERA: | LA SOLEDAD |
| CLASE DE MATERIAL: | BRIQUETA DE ASFALTO 6.3% DE ASFALTO + 10% DE VIDRIO MOLIDO |

ENSAYO DE ABRASION

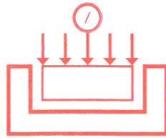
Graduación Maquina: 500 Revoluciones

| Numero de ensayo | Peso Inicial (gr) | Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr) | Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr) | Porcentaje de Abrasión del Agregado (%) |
|--|-------------------|--|--|---|
| 1 | 1139 | 967.10 | 171.9 | 15.09 |
| 2 | 1142 | 970.00 | 172 | 15.06 |
| 3 | 1135 | 962.00 | 173 | 15.24 |
| LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE : | | | | 15.13 % |

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto; solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martel
D. 148106



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA
EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL / MELENDREZ CAUCHA JIDALTE
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 20 DE NOVIEMBRE DEL 2019

| | |
|--------------------|--|
| CANTERA: | LA SOLEDAD |
| CLASE DE MATERIAL: | BRIQUETA DE ASFALTO 6.3% DE ASFALTO + 15% DE VIDRIO MOLIDO |

ENSAYO DE ABRASION

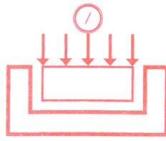
Graduación Maquina: 500 Revoluciones

| Numero de ensayo | Peso Inicial (gr) | Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr) | Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr) | Porcentaje de Abrasión del Agregado (%) |
|--|-------------------|--|--|---|
| 1 | 1168 | 965.90 | 202.1 | 17.30 |
| 2 | 1150 | 946.00 | 204 | 17.74 |
| 3 | 1170 | 965.00 | 205 | 17.52 |
| LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE : | | | | 17.52 % |

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto; solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Crishtian Huertas Martel
C.I.P. 148105



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (NORMA ASTM C535)

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA
EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD
SOLICITA: PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL / MELENDREZ CAUCHA JIDALTE
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA: TRUJILLO, 20 DE NOVIEMBRE DEL 2019

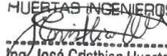
| | |
|--------------------|--|
| CANTERA: | LA SOLEDAD |
| CLASE DE MATERIAL: | BRIQUETA DE ASFALTO 6.3% DE ASFALTO + 20% DE VIDRIO MOLIDO |

ENSAYO DE ABRASION Graduación Maquina: 500 Revoluciones

| Numero de ensayo | Peso Inicial (gr) | Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr) | Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr) | Porcentaje de Abrasión del Agregado (%) |
|--|-------------------|--|--|---|
| 1 | 1146 | 909.00 | 237 | 20.68 |
| 2 | 1148 | 913.00 | 235 | 20.47 |
| 3 | 1152 | 914.00 | 238 | 20.66 |
| LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE : | | | | 20.60 % |

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto, solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Martel
C.P. 148105

Venta de



**AGREGADOS Y ALQUILER DE
MAQUINARIA PESADA
PARA LA CONSTRUCCIÓN
Y LA MINERÍA**

Construcción y Maquinaria S.A.C.

Av. Industrial Mz. 7 Lote. 2 El Milagro Sector V - Huanchaco - Trujillo

| | |
|-------------|----------------|
| VALE | R.U.C.: |
| Nº 000659 | 20539795644 |

| | |
|------------------|---------------------------|
| Sres: | Jidalto Melandrez Caucha |
| Nº Placa: | wilson Pinedo Pinedo |
| Fecha: | 26-09-19 |
| Obra: | Proyecto de Investigación |

CANTERA "LA SOLEDAD"

AFIRMADO

Tef. 9818679610 / 9817959513

Jidalto Melandrez
Vºbº Cliente

Meléndez Caucha
Vº Agregados

| CACSIRE OSORIO KATHERINE LIZBETH CAL. CARACAS 133 URB. EL PARRAL CRUCE AV MEXICO CON UNIVERSITARIA COMAS - LIMA - LIMA | | | | | | BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 10472380490 EB01-4 | |
|---|----------------------|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|--|-----------|
| Fecha de Vencimiento : | | | | | | | |
| Fecha de Emisión : 15/10/2019 | | | | | | | |
| Señor(es) : JIDALTE MELENDREZ CAUCHA | | | | | | | |
| DNI : 47901006 | | | | | | | |
| Tipo de Moneda : SOLES | | | | | | | |
| Observación : | | | | | | | |
| Cantidad | Unidad Medida | Descripción | Valor Unitario(*) | Descuento(*) | Importe de Venta(**) | ICBPER | |
| 1.00 | BALDE | CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100 X 5 GLNS | 135.59322 | 0.00 | 160.00 | 0.00 | |
| | | | | | | Otros Cargos : | S/0.00 |
| | | | | | | Otros Tributos : | S/0.00 |
| | | | | | | ICBPER : | S/ 0.00 |
| | | | | | | Importe Total : | S/160.00 |
| SON: CIENTO SESENTA Y 00/100 SOLES | | | | | | | |
| (*) Sin impuestos. | | | | | | | |
| (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada. | | | | | | | |
| | | | | | | Op. Gravada : | S/ 135.59 |
| | | | | | | Op. Exonerada : | S/ 0.00 |
| | | | | | | Op. Inafecta : | S/ 0.00 |
| | | | | | | ISC : | S/ 0.00 |
| | | | | | | IGV : | S/ 24.41 |
| | | | | | | ICBPER : | S/ 0.00 |
| | | | | | | Otros Cargos : | S/ 0.00 |
| | | | | | | Otros Tributos : | S/ 0.00 |
| | | | | | | Importe Total : | S/ 160.00 |
| <p><i>Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.</i></p> | | | | | | | |

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
 PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 5.50 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 45.34 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 47.25 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.70 | 6.60 | 6.50 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1177.00 | 1182.00 | 1167.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1183.00 | 1184.00 | 1170.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 607.90 | 679.50 | 670.30 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 575.10 | 504.50 | 499.70 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 6.00 | 2.00 | 3.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.047 | 2.343 | 2.335 | 2.242 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.450 | 2.450 | 2.450 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.598 | 0.733 | 0.780 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 16.449 | 4.367 | 4.694 | 8.5 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 25.7 | 14.9 | 15.2 | 18.6 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 36.0 | 70.7 | 69.1 | 58.6 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.672 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.00 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 5.50 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 2.95 | 2.90 | 3.00 | 2.95 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 984.5 | 1002.8 | 996.2 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 0.990 | 0.990 | 1.010 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 975 | 993 | 1006 | 991 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3305 | 3424 | 3353 | 3361 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE

PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.00 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 45.10 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 47.00 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.90 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.60 | 6.40 | 6.00 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1173.00 | 1186.00 | 1126.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1175.00 | 1188.00 | 1127.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 673.70 | 675.10 | 648.40 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 501.30 | 512.90 | 478.60 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 2.00 | 2.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.340 | 2.312 | 2.353 | 2.335 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.450 | 2.455 | 2.455 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.678 | 0.860 | 1.214 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 4.490 | 5.825 | 4.155 | 4.8 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 15.5 | 16.5 | 15.0 | 15.7 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 71.0 | 64.7 | 72.3 | 69.3 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.695 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19))/(22*19) | % | 1.32 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.00 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 3.25 | 3.15 | 3.30 | 3.23 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1189.5 | 1194.2 | 1182.5 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.00 | 1.01 | 1.02 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1186 | 1211 | 1203 | 1200 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3644 | 3844 | 3645 | 3711 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.50 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.86 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 46.75 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.89 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.40 | 6.40 | 6.30 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1173.00 | 1183.00 | 1208.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1174.00 | 1184.00 | 1209.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 676.70 | 676.90 | 691.00 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 497.30 | 507.10 | 518.00 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.359 | 2.333 | 2.332 | 2.341 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.43 | 2.44 | 2.44 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.681 | 0.847 | 0.586 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 2.922 | 4.385 | 4.426 | 3.9 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 15.3 | 16.2 | 16.2 | 15.9 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 80.9 | 72.9 | 72.7 | 75.5 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.693 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.30 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.50 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 3.35 | 3.40 | 3.50 | 3.42 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1168.3 | 1165.9 | 1158.4 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.03 | 1.01 | 1.00 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1201 | 1180 | 1163 | 1181 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3585 | 3471 | 3323 | 3460 |



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 7.00 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.62 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 46.50 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.88 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.30 | 6.30 | 6.30 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1119.00 | 1158.00 | 1124.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1120.00 | 1159.00 | 1125.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 641.70 | 663.90 | 643.20 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 478.30 | 495.10 | 481.80 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.340 | 2.339 | 2.333 | 2.337 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.42 | 2.42 | 2.40 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.857 | 0.468 | 0.810 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 3.306 | 3.347 | 2.792 | 3.1 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 16.4 | 16.4 | 16.6 | 16.5 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 79.8 | 79.6 | 83.2 | 80.9 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.704 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.45 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 7.00 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 3.85 | 3.80 | 3.70 | 3.78 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1022 | 1005 | 1010 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.01 | 1.03 | 1.01 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1030 | 1038 | 1018 | 1029 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 2675 | 2732 | 2751 | 2719 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE,
UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 7.50 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.38 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 46.25 | | | |
| 4 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.87 | | | |
| 5 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 9 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.50 | 6.20 | 6.30 | |
| 10 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1183.00 | 1167.00 | 1151.00 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1184.00 | 1168.00 | 1152.00 | |
| 12 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 680.70 | 666.50 | 659.80 | |
| 13 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12) | cm ³ | 503.30 | 501.50 | 492.20 | |
| 14 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (11 - 10) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 15 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 / 13) | gr/cm ³ | 2.350 | 2.327 | 2.338 | 2.338 |
| 16 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.41 | 2.42 | 2.41 | |
| 17 | ABSORCIÓN | % | 0.864 | 0.826 | 0.813 | |
| 18 | PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100) | % | 2.490 | 3.962 | 3.148 | 3.2 |
| 19 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 20 | V.M.A. = 100 - (2+3+4)*15/19 | % | 16.5 | 17.3 | 16.9 | 16.9 |
| 21 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100 | % | 84.9 | 77.1 | 81.4 | 81.1 |
| 22 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5) | gr/cm ³ | 2.715 | | | |
| 23 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19)) | % | 1.60 | | | |
| 24 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 7.50 | | | |
| 25 | FLUJO | mm | 2.30 | 2.40 | 2.80 | 2.50 |
| 26 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1011 | 1025 | 1008 | |
| 27 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.01 | 1.01 | 1.03 | |
| 28 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1024 | 1037 | 1036 | 1032 |
| 29 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 4452 | 4321 | 3700 | 4158 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

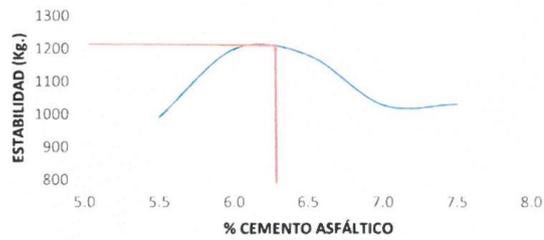
MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

Estabilidad vs Contenido de Cemento asfáltico

| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| ESTAB C/C | 991 | 1200 | 1181 | 1029 | 1032 |

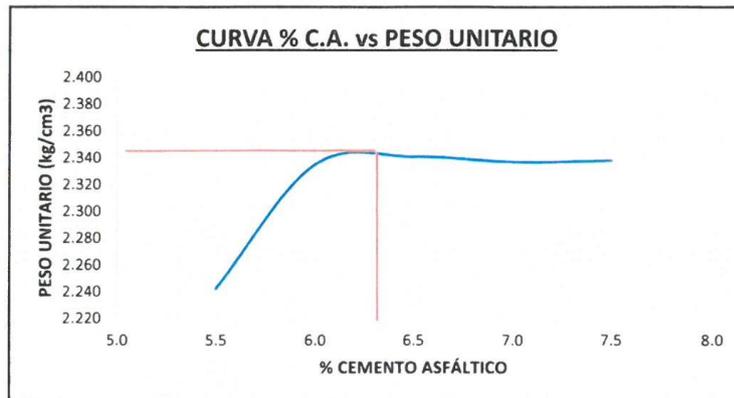
CURVA % C.A. vs ESTABILIDAD



Peso Unitario vs Contenido de Cemento asfáltico

| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PESO UNT. | 2.242 | 2.335 | 2.341 | 2.337 | 2.338 |

CURVA % C.A. vs PESO UNITARIO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Lab. de Laboratorio de Materiales - Construcción y Mantenimiento

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

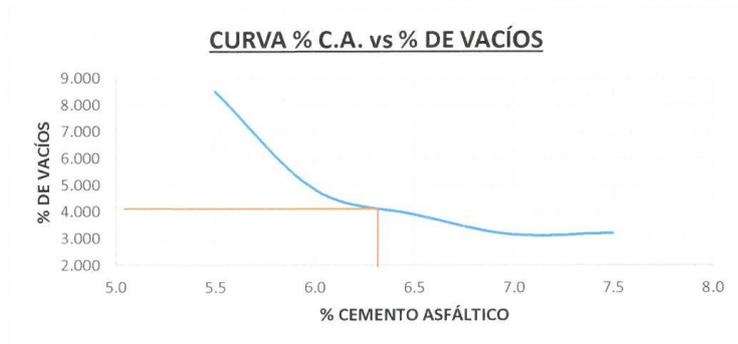
MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE

PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISISTAS

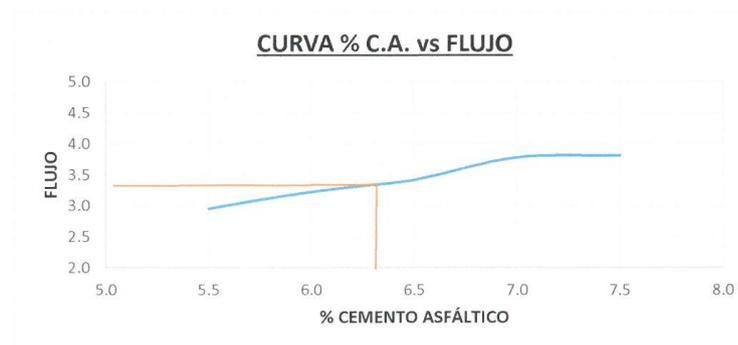
Porcentaje de Vacíos vs Contenido de Cemento asfáltico

| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-----|
| PESO UNT. | 8.503 | 4.823 | 3.911 | 3.148 | 3.2 |



Flujo vs Contenido de Cemento asfáltico

| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| PESO UNT. | 2.95 | 3.23 | 3.42 | 3.78 | 3.81 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

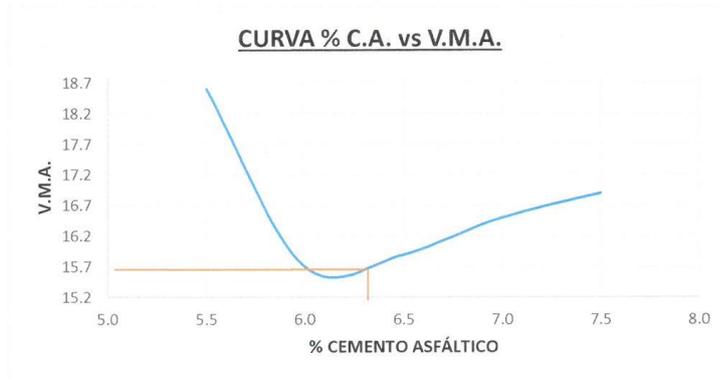
MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE

PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISISTAS

Porcentaje V.M.A. vs Contenido de Cemento asfáltico

| % CA | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 |
|------|------|------|------|------|------|
| VMA | 18.6 | 15.7 | 15.9 | 16.5 | 16.9 |



CONTENIDO ÓPTIMO DE C.A. (%) 6.3

| | |
|------------------------------------|-------|
| ESTABILIDAD (kg.) | 1240 |
| PESO UNITARIO (kg/m ³) | 2.344 |
| VACÍOS DE AIRE (%) | 4.2 |
| FLUJO (0.01") | 3.3 |
| V.M.A. (%) | 15.69 |
| ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm) | 3618 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

 MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
 PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS (VM 10%) | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.30 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.94 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 42.17 | | | |
| 4 | % DE VIDRIO MOLIDO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 4.69 | | | |
| 5 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 9 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 10 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.50 | 5.80 | 6.20 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1139.00 | 1085.00 | 1134.00 | |
| 12 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1140.00 | 1086.00 | 1135.00 | |
| 13 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 650.00 | 619.90 | 647.00 | |
| 14 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (12 - 13) | cm ³ | 490.00 | 466.10 | 488.00 | |
| 15 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (12 - 11) | gr | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 16 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (11 / 14) | gr/cm ³ | 2.324 | 2.328 | 2.324 | 2.325 |
| 17 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.42 | 2.42 | 2.42 | |
| 18 | ABSORCIÓN | % | 0.980 | 0.827 | 0.772 | |
| 19 | PORCENTAJE DE VACIOS = (17-16/17*100) | % | 3.967 | 3.802 | 3.967 | 3.9 |
| 20 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 21 | V.M.A. = 100 - (2+3+5)*16/20 | % | 20.5 | 20.4 | 20.5 | 20.5 |
| 22 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (21-19)/21*100 | % | 80.6 | 81.4 | 80.6 | 80.9 |
| 23 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17-1/6) | gr/cm ³ | 2.671 | | | |
| 24 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*6*(23-20))/(23*20) | % | 0.99 | | | |
| 25 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.30 | | | |
| 26 | FLUJO | mm | 2.95 | 2.90 | 3.00 | 2.95 |
| 27 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1180 | 1168 | 1160.5 | |
| 28 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 0.98 | 0.99 | 0.99 | |
| 29 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1161 | 1150 | 1152 | 1154 |
| 30 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3936 | 3966 | 3840 | 3914 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS (VM 15%) | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.30 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.94 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 39.82 | | | |
| 4 | % DE VIDRIO MOLIDO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 7.03 | | | |
| 5 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 9 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 10 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.50 | 6.10 | 5.90 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1168.00 | 1129.00 | 1148.00 | |
| 12 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1170.00 | 1131.00 | 1150.00 | |
| 13 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 666.10 | 651.80 | 662.60 | |
| 14 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (12 - 13) | cm ³ | 503.90 | 479.20 | 487.40 | |
| 15 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (12 - 11) | gr | 2.00 | 2.00 | 2.00 | |
| 16 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (11 / 14) | gr/cm ³ | 2.318 | 2.356 | 2.355 | 2.343 |
| 17 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.41 | 2.41 | 2.41 | |
| 18 | ABSORCIÓN | % | 0.629 | 0.581 | 0.584 | |
| 19 | PORCENTAJE DE VACIOS = (17-16/17*100) | % | 3.817 | 2.322 | 2.363 | 2.834 |
| 20 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 21 | V.M.A. = 100 - (2+3+5)*16/20 | % | 22.8 | 21.6 | 21.6 | 22.0 |
| 22 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (21-19)/21*100 | % | 83.3 | 89.3 | 89.1 | 87.2 |
| 23 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17-1/6) | gr/cm ³ | 2.658 | | | |
| 24 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*6*(23-20)/(23*20)) | % | 0.80 | | | |
| 25 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.30 | | | |
| 26 | FLUJO | mm | 3.16 | 3.25 | 3.18 | 3.20 |
| 27 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1282.5 | 1254.5 | 1275.7 | |
| 28 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 1.00 | 1.00 | 1.01 | |
| 29 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1277 | 1251 | 1285 | 1271 |
| 30 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 4041 | 3849 | 4041 | 3977 |



Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Muestreos

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE,
UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE

PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

| ITEM | BRIQUETAS (VM 20%) | UND | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
|------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 6.30 | | | |
| 2 | % DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL | % | 44.94 | | | |
| 3 | % DE AGREGADO FINO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 37.48 | | | |
| 4 | % DE VIDRIO MOLIDO EN PESO DE LA MUESTRA | % | 9.37 | | | |
| 5 | % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA | % | 1.91 | | | |
| 6 | PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | gr/cm ³ | 1.01 | | | |
| 7 | PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.67 | | | |
| 8 | PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO | gr/cm ³ | 2.62 | | | |
| 9 | PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE | gr/cm ³ | 2.29 | | | |
| 10 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA | cm ³ | 6.20 | 6.00 | 5.90 | |
| 11 | PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE | gr | 1155.00 | 1154.00 | 1145.00 | |
| 12 | PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE | gr | 1158.00 | 1155.00 | 1148.00 | |
| 13 | PESO DE BRIQUETA SATURADA SEPERFICIALMENTE SECO EN AGUA | gr | 658.50 | 653.50 | 651.70 | |
| 14 | VOL. DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (12 - 13) | cm ³ | 499.50 | 501.50 | 496.30 | |
| 15 | PESO DEL AGUA ABSORBIDA (12 - 11) | gr | 3.00 | 1.00 | 3.00 | |
| 16 | PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (11 / 14) | gr/cm ³ | 2.312 | 2.301 | 2.307 | 2.307 |
| 17 | PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041 | gr/cm ³ | 2.40 | 2.40 | 2.40 | |
| 18 | ABSORCIÓN | % | 0.753 | 0.811 | 0.780 | |
| 19 | PORCENTAJE DE VACIOS = (17-16/17*100) | % | 3.466 | 3.925 | 3.674 | 3.7 |
| 20 | PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | gr/cm ³ | 2.603 | | | |
| 21 | V.M.A. = 100 - (2+3+5)*16/20 | % | 25.1 | 25.5 | 25.3 | 25.3 |
| 22 | PORCENTAJE DE VACIOS LENADOS CON C.A. = (21-19)/21*100 | % | 86.2 | 84.6 | 85.5 | 85.4 |
| 23 | PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17-1/6) | gr/cm ³ | 2.638 | | | |
| 24 | C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*6*(23-20)/(23*20)) | % | 0.51 | | | |
| 25 | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO | % | 6.30 | | | |
| 26 | FLUJO | mm | 3.54 | 3.48 | 3.35 | 3.46 |
| 27 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR | kg | 1136 | 1152.5 | 1143 | |
| 28 | FACTOR DE ESTABILIDAD | | 0.99 | 0.99 | 1.01 | |
| 29 | ESTABILIDAD CORREGIDA | kg | 1127 | 1143 | 1153 | 1141 |
| 30 | ESTABILIDAD / FLUJO | kg/cm | 3184 | 3284 | 3442 | 3303 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Máquinas de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

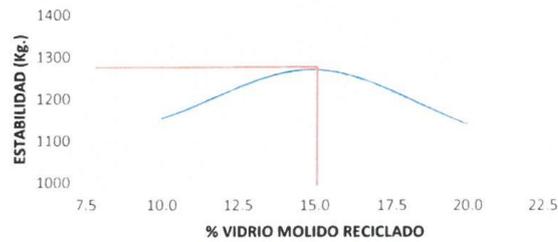
MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

Estabilidad vs % de Vidrio Molido Reciclado

| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
|-----------------|------|------|------|
| ESTABILIDAD C/C | 1154 | 1271 | 1141 |

CURVA % C.A. vs ESTABILIDAD



Peso Unitario vs % de Vidrio Molido Reciclado

| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
|----------------|-------|-------|-------|
| PESO UNT. | 2.325 | 2.343 | 2.307 |

CURVA % C.A. vs PESO UNITARIO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 241074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

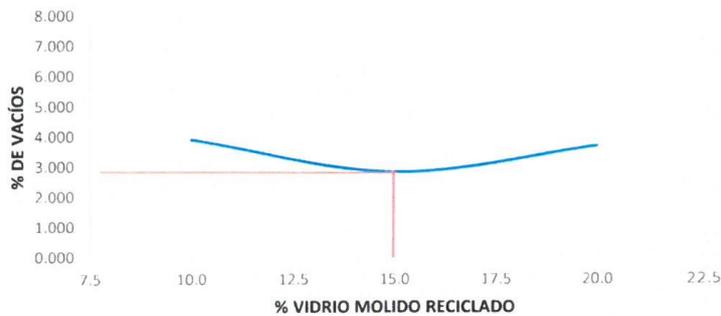
MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

Porcentaje de Vacíos vs % de Vidrio Molido Reciclado

| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
|----------------|-------|-------|-------|
| PESO UNT. | 3.912 | 2.834 | 3.688 |

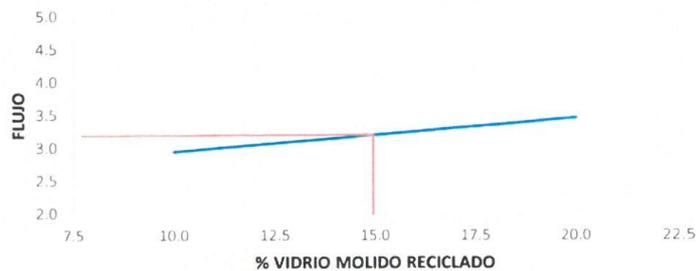
CURVA % C.A. vs % DE VACÍOS



Flujo vs % de Vidrio Molido Reciclado

| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
|----------------|------|------|------|
| PESO UNT. | 2.95 | 3.20 | 3.46 |

CURVA % DE C.A. vs FLUJO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL MTC E 504

TESIS: EFECTO DEL VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA LA SOLEDAD.

AUTORES

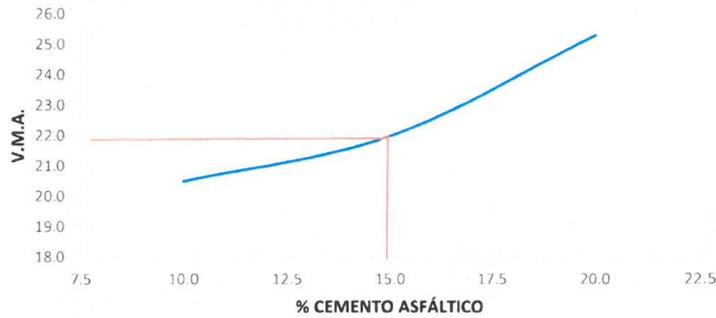
MELENDREZ CAUCHA, JIDALTE
PINEDO PINEDO, WILSON ANGEL

RESPONSABLE: TESISTAS

Porcentaje V.M.A. vs % de Vidrio Molido Reciclado

| % VIDRO MOLIDO | 10 | 15 | 20 |
|----------------|------|----|------|
| VMA | 20.5 | 22 | 25.3 |

CURVA % C.A. vs V.M.A.



CONTENIDO ÓPTIMO DE C.A. (%) 6.3

| | |
|---------------------------------------|-------|
| ESTABILIDAD (kg.) | 1278 |
| PESO UNITARIO (kg/m ³) | 2.343 |
| VACÍOS DE AIRE (%) | 3.9 |
| OPTIMO CONTENIDO DE VIDRIO MOLIDO (%) | 14.8 |
| FLUJO (0.01") | 3.21 |
| V.M.A. (%) | 21.9 |
| ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm) | 3995 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

| RED VIAL NACIONAL OFICIAL | | | | | |
|--|---------------|-----------------|---------------|----------------|---------------------|
| ESTADO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA A DIC 2017 | | | | | |
| (KILÓMETROS) | | | | | |
| ESTADO | PAVIMENTADA | | | NO PAVIMENTADA | TOTAL RVN EXISTENTE |
| | Asfaltada | Solución Básica | TOTAL | | |
| BUENO | 11,578 | 5,013 | 16,592 | 834 | 17,426 |
| REGULAR | 473 | | 473 | 1,586 | 2,059 |
| MALO | 2,628 | 676 | 3,303 | 4,004 | 7,307 |
| TOTAL | 14,679 | 5,689 | 20,368 | 6,424 | 26,792 |

Anexo 01. Estado de la superficie de rodadura a diciembre de 2017.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

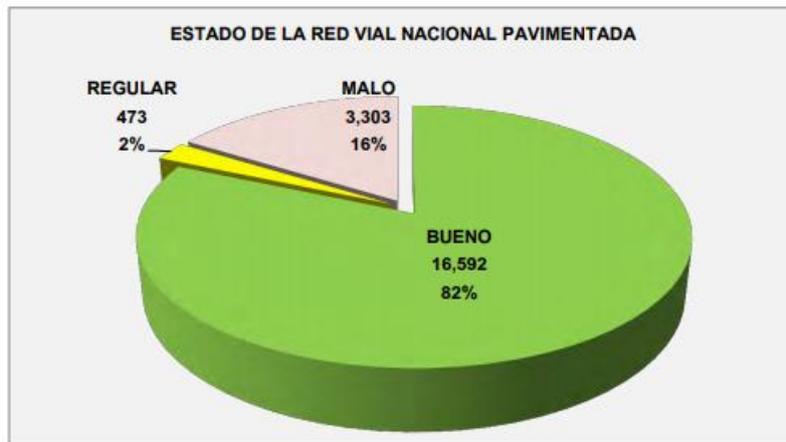


Figura 1. Estado de la Red Vial Nacional

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones



Figura 2. Estado de la Red Vial Nacional Pavimentada

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Anexo 01. Selección del Tipo de Cemento Asfáltico

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

Fuente: MTC EG-2013; adecuada tabla 415.01

Anexo 02. Ensayos de Agregado Grueso

| ENSAYOS | NORMA | REQUERIMIENTO | |
|--|-----------|----------------|-----------|
| | | ALTITUD (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | > 3000 |
| Análisis granulométrico | MTC E 204 | | |
| Peso Específico y Absorción | MTC E 206 | 1,0% máx. | 1,3% máx. |
| Abrasión Los Ángeles | MTC E 207 | 40% máx. | 35% máx. |
| Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio) | MTC E 209 | 18% máx. | 15% máx. |
| Porcentaje de caras fracturadas | MTC E 210 | 85/50 | 90/70 |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | 0,5% máx. | 0,5% máx. |
| Partículas chatas y alargadas | ASTM 4791 | 10% máx. | 10% máx. |
| Adherencia | MTC E 517 | +95 | +95 |

Fuente: Manual de carreteras EG - 2013

Anexo 03. Masa de Carga Según Gradación.

| Gradación | Masa (gr) | Nº de esferas |
|-----------|-----------|---------------|
| A | 5000 ± 25 | 9 |
| B | 4584 ± 25 | 8 |
| C | 3330 ± 20 | 5 |
| D | 2500 ± 15 | 3 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones E 207

Anexo 01. Ensayo de Agregado Fino.

| ENSAYOS | NORMA | REQUERIMIENTO | |
|--|-----------|----------------|-----------|
| | | ALTITUD (MSNM) | |
| | | ≤ 3000 | > 3000 |
| Análisis granulométrico | MTC E 204 | | |
| Índice de plasticidad (malla N° 40) | MTC E 111 | NP | NP |
| Índice de plasticidad (malla N° 200) | MTC E 111 | 4 máx. | NP |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 60 | 70 |
| Gravedad específica y absorción | MTC E 205 | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio) | MTC 209 | - | 18% máx. |
| Salas soluble totales | MTC E 219 | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Angularidad de agregado fino | MTC E 222 | 30 | 40 |

Fuente: Manual de Carreteras EG - 2013

Anexo 02. Requisitos Para la Mezcla Asfáltica en Caliente.

| PARÁMETROS DE DISEÑO | CLASE DE MEZCLA | | |
|---|----------------------|------|------|
| | A | B | C |
| Marshall MTC E 504 | | | |
| 1.0 Número de golpes por lado Compactación | 75 | 50 | 35 |
| 2.0 Estabilidad mínima (KN) | 8.15 | 3.44 | 4.53 |
| 3.0 Flujo en (mm) | 2-3.5 | 2-4 | 2-5 |
| 4.0 Porcentaje de vacíos con aire (MTC E 505) | 3-5 | 3-5 | 3.5 |
| 5.0 Vacíos de agregado mineral | Tabla vacíos mínimos | | |
| Inmersión – compresión (MTC E 518) | | | |
| Relación estabilidad/flujo | 1700 - 4000 | | |

Fuente: Manual de Carreteras EG - 2013

Anexo 03. Vacíos Mínimos en el Agregado Mineral (VMA).

| TAMIZ | Vacíos mínimos en agregado mineral % |
|----------------|--------------------------------------|
| | Marshall |
| 1" (24.0 mm) | 13 |
| ¾" (19.0 mm) | 14 |
| ½" (12.5 mm) | 15 |
| 3/8" (9.50 mm) | 16 |
| N° 4 (4.75 mm) | 18 |

Fuente: Manual de Carreteras EG - 2013

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Cantera La Soledad, Distrito Chicama provincia Trujillo Región La Libertad

Fuente: autoría propia



Foto 2. Cantera La Soledad (Zaranda para los agregados)

Fuente: autoría propia



Foto 3. Molienda del vidrio
Fuente: autoría propia



Foto 4. Tamizado del vidrio
Fuente: autoría propia



Foto 5. Vidrio reciclado molido
Fuente: autoría propia



Foto 6. Calentamiento del material para el diseño de la mezcla asfáltica
Fuente: autoría propia



Foto 7. Preparación de la mezcla asfáltica.
Fuente: autoría propia



Foto 8. Briquetas compactadas en el molde.
Fuente: autoría propia



Foto 9. Briquetas (Convencional y con los porcentajes del 10%,15% y 20% de vidrio molido).

Fuente: autoría propia



Foto 10. Baño María a las Briquetas antes de ser Ensayadas.

Fuente: autoría propia



Foto 11. ensayo de briqueta (Aparato Marshall)
Fuente: autoría propia