



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

Efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con
agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo 2018.

AUTOR:

Alvarado León, Carlos Edgardo (ORCID: 0000-0002-1315-5226)

ASESORES:

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

Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova (ORCID: 0000-0001-9295-7775)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Trujillo – Perú

2019

Dedicatoria

Agradezco a Dios por darme fuerzas, para poder enfrentar las adversidades de la vida, a mis padres Jorge Edgardo y Flora Edelmira, por su apoyo en cada uno de los pasos en mi formación profesional.

Carlos A.L

Agradecimiento

Primeramente, a agradecerle a Dios por acompañarme en cada decisión que he tomado en la vida, por ayudarme a cumplir las metas que me he trazado hasta este momento, segundo a mi familia por su gran apoyo en todos los momentos, mis padres Jorge y Flora, que son los pilares fundamentales en mi vida que me han enseñado valores y me han dado la fortaleza para todos los retos que me propuesto. Además, un agradecimiento a mi asesor Ing. Luis Horna, por su tiempo y dedicación y paciencia en el desarrollo de este trabajo de titulación. Además, un agradecimiento especial al Ing. Carlos Camino Garcés y técnicos por brindarme el acceso al laboratorio en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Carlos A.L

Página del Jurado

	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	---------------------------------------	---


El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Carlos Edgardo Alvarado León cuyo título es: "Efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16.....(número)
DECISEIS.....(letras).

Trujillo (o Filial).....03.....de DIC del 2019


.....
PRESIDENTE
Dr. Alan Yordan Valdivieso Velasco


.....
SECRETARIO
Mg. Marlon Farfán Córdova


.....
VOCAL
Mg. Luis Alberto Horua Araujo

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Carlos Edgardo Alvarado León, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI. N° 73033199; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo 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 me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 23 de diciembre del 2019.



Carlos Edgardo Alvarado León

DNI N° 73033199

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Índice.....	vi
Índice de cuadros	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	25
2.1 Tipo y Diseño de Investigación	25
2.2 Operacionalización de variables	25
2.3 Población, muestra y muestreo	27
2.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	28
2.5 Procedimiento	28
2.6 Método de Análisis de datos.....	29
2.7 Aspectos Éticos	29
III. RESULTADOS.....	30
3.1 Parámetros de Investigación	30
3.2 Ensayo de los Agregados.....	31
3.3 Diseño Marshall Mezcla Asfáltica Tradicional	38
3.4 Resultados de Estabilidad Retenida Marshall (EMR).....	46
IV. DISCUSIÓN	49
V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS	53
ANEXOS.....	61

Índice de cuadros

Cuadro 1: Ensayos de Agregado Grueso	6
Cuadro 2: Gradación de la Muestra para ensayo de Abrasión	7
Cuadro 3: Masa según la carga abrasiva	8
Cuadro 4: Ensayos del Agregado Fino.	8
Cuadro 5: Causas y efectos de baja estabilidad.	13
Cuadro 6: Selección del tipo de cemento asfáltico.	15
Cuadro 7: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.....	16
Cuadro 8: Parámetros para la Mezcla Asfáltica en Caliente.	17
Cuadro 9: Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA).	17
Cuadro 10: Matriz de Operacionalización de variables	26
Cuadro 11: Cantidad especímenes para Diseño Marshall.....	27
Cuadro 12: Cantidad especímenes para el Ensayo de Estabilidad Marshall Retenida.	27
Cuadro 13: Información de la Cantera.	30
Cuadro 14: Selección de muestra para ensayo.	31
Cuadro 15: Resultados de Granulometría al agregado fino y grueso.	31
Cuadro 16: Selección de muestra de ensayo	32
Cuadro 17: Resultados de la gradación.	32
Cuadro 18: Máximo Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas.	33
Cuadro 19: Selección de muestra de ensayo.	33
Cuadro 20: Resultados Con una Cara Fracturada.....	34
Cuadro 21: Resultado Con dos o más Caras Fracturadas.	34
Cuadro 22: Resultados del ensayo Equivalente de Arena.....	35
Cuadro 23: Resultados Angularidad del agregado fino	36
Cuadro 24: Resultados del Índice de Plasticidad del agregado fino.....	36
Cuadro 25: Resultados de Ensayos de Agregados Gruesos	37
Cuadro 26: Resultados de Ensayos de Agregados Fino.....	37
Cuadro 27: Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC).	38
Cuadro 28: Proporción de Mezcla	38
Cuadro 29: Resultados del Diseño de Mezclas para una MAC-1.	39
Cuadro 30: Valores de K.....	40
Cuadro 31: Peso y porcentaje de cada Espécimen.....	41
Cuadro 32: Altura de cada Espécimen.	41
Cuadro 33: Resumen de resultados con 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% 7.0% de C.A.....	42
Cuadro 34: Resultados del Ensayo Marshall.....	45
Cuadro 35: Resultados de Estabilidad Retenida.....	46
Cuadro 36: Resultados del Ensayo Estabilidad Marshall, sin inmersión.....	47
Cuadro 37: Resultados del Ensayo Estabilidad Marshall, con inmersión.....	47

Índice de figuras

Figura 1: Parámetros de diseño Volumétrico	10
Figura 2: Mecanismo de aplicación de la carga en el ensayo Marshall	14
Figura 3: La curva carga – deformación en el ensayo Marshall.....	15
Figura 4: Ahuellamiento por fallas en la Subrasante.	19
Figura 5: Ahuellamiento por fallas en la mezcla asfáltica	19
Figura 6: Daños por humedad en vías Nacionales.....	20
Figura 7: Grafica Relación N° de golpes vs % Vacíos.	21
Figura 8: Grafica Relación N° de golpes vs % Vacíos.	22
Figura 9: Aplicación de la Carga	22
Figura 10: Promedios multianuales de temperatura máxima y mínimas	30
Figura 11: Curva Granulométrica diseño de mezcla con los limites MAC-1	39
Figura 12: Curva % Vacíos vs % Cemento Asfáltico.....	42
Figura 13: Curva Estabilidad vs Cemento Asfáltico	43
Figura 14: Curva Flujo vs Cemento Asfáltico.....	43
Figura 15: Curva Peso Específico vs Cemento Asfáltico	44
Figura 16: Curva % VFA vs % Cemento Asfáltico.....	44
Figura 17: Curva % VMA vs % Cemento Asfáltico.....	45
Figura 18: Estabilidad Marshall Retenida.	47

Resumen

La presente investigación que lleva por título: “Efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo 2018, ha sido realizado con la finalidad de evaluar el efecto de la humedad en el comportamiento de la estabilidad en la mezcla asfáltica en caliente .Se especifica el uso del asfalto PEN 60/70 y agregados de la cantera San Bernardo, los cuales han sido ensayados de acuerdo al procedimientos y especificaciones MTC EG – 2013,se realizó estudio de agregados finos y gruesos para determinar las propiedades físicas y mecánicas para comprobar que cumplen los requerimientos establecidos por el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (2013), el diseño de mezclas se realizó mediante la metodología Marshall, para la cual realizó 3 briquetas por cada contenido de cemento asfáltico de 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% 7.0% de C.A, resultando 5.92%, el contenido óptimo de asfalto para un porcentaje de vacíos de 4%, del mismo modo se realizó las gráficas de estabilidad vs % C.A ,flujo vs % C.A, peso específico vs % C.A, Vacíos llenos de agregados mineral vs % C.A y Porcentaje de Volumen lleno de Asfalto vs % C.A.

Según los resultados obtenidos en el diseño experimental mediante la Metodología Marshall se determinó que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional fue 1363 kg. mientras que en el ensayo de estabilidad Marshall Retenida, los especímenes se evaluaron sin inmersión y con inmersión presentando estabilidad de 644.36 Kg con inmersión y 729.91 Kg sin inmersión, lo cual hace una relación de 88.28% de estabilidad. Es decir, en la investigación se concluye la humedad influye en la resistencia en la estabilidad.

Palabras clave: Estabilidad Marshall, humedad, mezcla asfáltica, cemento asfáltico, agregado.

Abstract

The present investigation that takes by title: "Effect of the humidity in the stability of the mix asphalt in hot with aggregates of the quarry San Bernardo, Trujillo 2018, has been realized with the purpose of evaluating the effect of the humidity in the behavior of stability in the hot asphalt mix. The use of PEN 60/70 asphalt and aggregates of the San Bernardo quarry, which have been tested according to the MTC EG - 2013 procedures and specifications, was studied and fine aggregates were studied. thick to determine the physical and mechanical properties to verify that they meet the requirements established by the Road Manual General Technical Specifications for Construction (2013), the design of mixtures was made using the Marshall methodology, for which made 3 briquettes for each content of asphalt cement of 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% 7.0% of CA, resulting 5.92%, the optimum content of asphalt for a percentage of 4% gaps, similarly the stability vs CA% chart, flow vs. CA%, specific weight vs. CA%, voids filled with mineral aggregates vs% CA and Percentage of Volume filled with Asphalt vs% AC.

According to the results obtained in the experimental design using the Marshall Methodology, it was determined that the stability of the conventional asphalt mixture was 1363 kg. while in the Marshall retained stability test, the specimens were evaluated without immersion and with immersion, presenting stability of 644.36 Kg with immersion and 729.91 Kg without immersion, which makes a relation of 88.28% stability. That is to say, the investigation concludes that humidity influences resistance in stability.

Keywords: Marshall stability, moisture, asphalt mix, asphalt cement, aggregate.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, nuestro planeta se encuentra conectado por un gran conjunto de carreteras y autopistas; por lo cual, en todo el mundo anualmente se construyen carreteras pavimentadas con mezclas asfálticas en caliente, desde grandes autopistas múltiples a vías rurales.

Según la MTC-EG-(2013), menciona que las mezclas asfálticas han sido uno de los materiales más usados en la construcción de pavimentos; por lo cual los organismos viales en conjunto con ingenieros, se han llevado a cabo diferentes estudios para brindar métodos de diseño que garanticen condiciones de excelente calidad en los pavimentos.

Se ha comprobado que la carpeta asfáltica construidas en las carreteras, avenidas y calles en la ciudad de Trujillo, presentan fallas de distintos tipos. La ciudad exhibe una variación en las condiciones de medio ambiente; esto trae como consecuencia lluvias en épocas de verano, que ocasiona el deterioro prematuro de las calles de la ciudad.

La acción del medio ambiente y tráfico sobre la superficie de rodadura influye en el aumento de los niveles de deterioro provocando desprendimiento de material granular. Uno de los principales mecanismos del daño a la mezcla asfálticas se le atribuye a la humedad. Este mecanismo se refiere la disminución de estabilidad, durabilidad, esencialmente debido a la pérdida por de adherencia y cohesión por presencia del agua. (Rondón, Ruge y Moreno,2016)

Por eso, la investigación se realiza con el propósito de evaluar el efecto de la humedad en la estabilidad en la mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo.

Estos y otros aspectos relacionados al efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente han sido tratados por diversos autores los cuales se indican a continuación:

Loria (2006), en su tesis “Análisis del efecto del agua atrapada en mezclas asfálticas en caliente”, cuya finalidad es evaluar comprobar la cantidad de especificación máxima de agua retenida en la mezcla asfáltica, planteada a la compañía estatal de carreteras, establecido en 0.30% iv por carga de mezcla, es adecuada. Por otro lado, en lo que concierne a la variación de agua retenida en los almacenamientos, el porcentaje de absorción de agua del agregado y el agua retenida de la mezcla asfáltica, se puede concluir en lo siguiente: podemos ver que hay pruebas de que la difusión de que del agua retenida ha disminuido, en relación a los niveles de cambio de la fase 1 de este proyecto, generando retraso en la compactación y en la trabajabilidad de la mezcla. El porcentaje de infiltración de agua de los agregados requeridos cuya difusión ha disminuido. Sin embargo, esta propiedad del agregado no garantiza alterar el agua retenida en la mezcla.

Al respecto Hidalgo y Riera (2016), en su tesis “Estudios del daño por humedad en mezclas asfálticas empleando diferentes métodos”, la finalidad es evaluar el daño en agua efectuando ensayos convencionales de agua hirviendo. Se realizó los ensayos de estabilidad Marshall y tracción indirecta, así también ensayos de: módulo de rigidez, compresión cíclica y fatiga, a las mezclas asfálticas densas realizadas en cinco plantas de la región Costa del Ecuador. Para realizarse el ensayo de estabilidad Marshall para determinar los efectos del agua, se tuvo presente, procedimientos parecidos al ensayo tracción indirecta (ASTM 4867M) para la fabricación e inmersión de las briquetas. Se concluye que los resultados obtenidos son de mucho interés y muy particulares para cada planta. Aunque el valor mínimo alcanzado lo obtuvo la planta E con 58% y el máximo valor presenta la planta A, casi cercano con el 100% retenido.

Por su parte Garcés (2016), en su tesis “Evaluación del daño por humedad en tres mezclas asfálticas producidas en la región sierra”, consiste en implantar nuevos requerimientos a las mezclas realizadas en pruebas de desempeño tomando en cuenta las distintas zonas de la región. Se llevaron a cabo ensayos convencionales como de tracción indirecta, estabilidad Marshall y pruebas dinámicas con equipo NAT como: módulo de rigidez, creep y fatiga, en especímenes de mezclas asfálticas de la zona de la sierra y producidas con agregados de diferentes canteras. Teniendo como resultado que los efectos observados, empleando ensayos convencionales, solo la planta C no cumple con las especificaciones, al presentar peladuras. Los valores de rigidez retenida

tuvieron poca variación entre la planta A y C con módulos retenidos en el orden del 62,80% al 74,10% siendo el mejor comportamiento el de la planta B con el 91,76% retenido. En la prueba de estabilidad retenida únicamente la planta C, se presenta un valor menor a 80%, según el requerimiento de la norma. El ensayo de fatiga se considera el más complejo de los estudios realizados en el estudio y se pudo concluir que es el menos viable para evaluar el daño por humedad. En general, si se realiza una semejanza entre las pruebas convencionales y de desempeño (excluyendo la fatiga) las tendencias alcanzadas son correctas, el pésimo comportamiento lo obtuvo la planta C y el óptimo la planta B.

Para Figueroa (2015), en su tesis “Investigación sobre el efecto del agua en el asfalto y su impacto en la mezcla asfáltica”, tiene como objetivo dar a entender esencialmente sobre los efectos del agua con el ligante asfáltico y evaluar las relaciones que se establecen entre las propiedades del ligante asfáltico. Se realizó un análisis de los ensayos de sus propiedades físicas, mecánicas y químicas y por último la evaluación de los efectos del agua en el cemento asfáltico, a la vez la evaluación la evaluación del efecto del asfalto saturados en las mezclas asfálticas para comprender cómo estas propiedades contribuyen en el fenómeno de stripping en un pavimento y perjudican su utilidad. Como resultados se verifico que el asfalto tiene una mínima permeabilidad, además sus propiedades físicas y químicas son diversas por el agua, generando que el pavimento sea más durable y poder hacer distintas mediciones que lleven a cabo sobre la adherencia de los materiales asfálticos y así mismo sobre la susceptibilidad a la humedad.

Asimismo, Merizalde (2017), en su tesis “Evaluación del daño por humedad en mezclas asfálticas finas mediante pruebas triaxiales y de corte directo”, tiene como objetivo realizar un estudio para determinar y evaluar los daños generados por el agua en las distintas mezclas, teniendo tres tipos de agregados con diferentes propiedades mineralógicas por medio de estos ensayos, para poder realizar posibles comparaciones. Se desarrolló el análisis de las mezclas asfálticas, necesariamente para evaluar la cohesión y adherencia que resultan entre el cemento asfáltico y el agregado mineral, esto como resultado de esta falta en este sistema causan un conjunto de fallas y produce el aumento del presupuesto de conservación y rehabilitación de las vías. En conclusión,

los pavimentos flexibles deben poseer una apropiada durabilidad o que cumplan con un diseño requerido a lo indicado.

Al respecto, Moreno (2011), en su estudio titulado “Efectos de la presencia de humedad en el comportamiento de mezclas asfálticas sometidas a ensayo de rueda de carga (NORMA NLT-173/84)”, consiste en realizar una investigación sobre los comportamientos de las mezclas en el análisis al ensayo de rueda de carga y procurar instaurar si hay algún método que haga posible el ensayo seco para pretender realizar el ensayo sumergido. Se realizó el ensayo de compactación de la mezcla, en este las probetas se compactan con una placa vibratoria y con un compactador giratorio, y por último la adhesión de un aditivo para mejorar de adherencia a los tipos de cementos usados. Se concluyó que las temperaturas de mezclado, compactación y reproducción de la granulometría de diseño y la bajísima adherencia de las muestras a la máquina de ensayo son necesarias para obtener el grado de dispersión de los ensayos.

Para Miranda, Aguiar, y Loría (2017), en su estudio titulado “Daño por humedad en mezclas asfálticas”, tiene como finalidad desarrollar una metodología de laboratorio para cuantificar la susceptibilidad al daño por humedad de mezclas asfálticas para las condiciones propias de Costa Rica, así como evaluar el efecto del uso de modificantes y/o aditivos en el desempeño de mezclas asfálticas producidas con materiales típicos del país. Se realizó el diseño de mezclas que incluyan una variedad de materiales y granulometrías representativas de las mezclas típicas de Costa Rica, considerando además la inclusión de nuevas tecnologías. Se sometieron las mezclas a ensayos de laboratorio para evaluar su desempeño. Como resultado la modificación de las mezclas asfálticas genero cambios en el desempeño asociados al daño por humedad, estabilidad y agrietamiento por fatiga.

Chiquito y Torres (2015), en su estudio titulado “Diseño de mezcla asfáltica en caliente empleando los agregados de la cantera San Vicente de Colonche y del rio San Rafael de la provincia de Santa Elena utilizando el método Marshall”, tuvo como objetivo determinar una granulometría de los agregados y de la adecuada proporción de cemento asfáltico para las mezclas asfálticas en caliente. Este estudio finalizo concluyendo que se pudo determinar que los parámetros como son la estabilidad y flujo cumplen con lo estipulado por la Norma Ecuatoriana Vial, para un diseño de mezcla asfáltica en caliente bajo la Metodología Marshall.

Terán (2015), en su estudio licenciado “Diseño de mezclas asfálticas en caliente utilizando agregados de la mina Cashapamba con metodología Marshall”, consiste en determinar una granulometría de los agregados y el óptimo porcentaje de cemento asfáltico en el laboratorio para lograr el adecuado diseño de las mezclas asfálticas en caliente. Se obtuvieron como resultado 2 tipos de agregados con lo que tenemos un tamaño máximo nominal de 1 pulgada por lo que se usará de $\frac{3}{4}$ para diseños de mezclas asfálticas en caliente para que este dentro de los límites granulométricos y a la vez los análisis con cemento asfáltico AC20 indica que son los más adecuados para elaboración de mezclas asfálticas en caliente.

Tafur (2014), en su tesis “Evaluación de la influencia de la granulometría en el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente”, tuvo como finalidad determinar la influencia de la granulometría en la estabilidad de las mezclas asfálticas en caliente, lo que permitió evaluar la variación de los porcentajes de la granulometría de los agregados utilizados en diseño de mezclas asfálticas en caliente, dando como resultado que influye en el rendimiento mecánico de la mezcla asfáltica; asimismo permitió determinar que la granulometría A(G-A), que compone el área restringida de la metodología Superpave tiene un buen cumplimiento en lo estructural, siempre y cuando esta cumpla con los criterios de flujo y estabilidad.

Respecto al Diseño de Mezclas Asfálticas en caliente, existen aspectos teóricos que sirven de fundamento al presente estudio, como los que se mencionan a continuación:

Según Kraemer y Del Vial (1993), las mezclas asfálticas se encuentran compuestas por agregados pétreos y un ligante de tal manera que resultan cubiertas de asfalto por una capa continua. Estas mezclas son producidas en centrales y son transportadas a obra en donde se extienden y se compactan.

La mezcla asfáltica generalmente resulta de la combinación de agregados (grueso y fino) y cemento asfáltico y las proporciones exactas de estas dependen de su diseño de mezcla la cual pueden ser diseñadas por el método Marshall, método Superpave, método Hveem. En la presente investigación para determinar el diseño de mezclas asfálticas en el Perú es el método Marshall, por lo cual las briquetas se preparan siguiendo el procedimiento de este método.

El método Marshall fue desarrollado por Bruce Marshall junto con otros ingenieros del Departamento de Mississippi, en los Estados Unidos. El cuerpo de Ingenieros mediante extensas investigaciones y estudios de correlación desarrollo y añadió procedimientos al ensayo Marshall. (Asphalt Institute,1992).

Para garantizar la calidad de los agregados deben tener una capa del material asfáltico, ésta no logre separarse por la acción del tránsito y del agua. La relación adecuada de esta será determinada en a través de los diseños aprobados correspondientes.

El agregado fino se origina de la trituración de gravas o rocas triturada. Los agregados finos son las que retiene el tamiz N° 4 y N° 200, sus partículas deben ser limpios, duros y con una superficie lisa rugosa. El agregado deberá permitir la adhesión con el asfalto y deberá cumplir los parámetros de calidad señalados en la respectiva normativa.

El Manual de Carreteras (2013), resalta que estos ensayos se hace a los agregados para para verificar que cumplan las especificaciones de calidad y evaluar su resistencia y durabilidad., teniendo como fundamento el procedimiento que indica el Manual de Ensayos. En el cuadro 1 se muestra los ensayos que se realizan a los agregados gruesos.

Cuadro 1: Ensayos de Agregado Grueso

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3.000	≥3.000
Análisis Granulométrico por tamizado	MTC E 204		
Peso Específico y Absorción	MTC E 206	1,0% máx	1,0% máx
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% máx	35% máx
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	18% máx	15% máx
Porcentaje de Caras Fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 223	10% máx	10% máx
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Adherencia	MTC E 517	95	95

Fuente: Manual de Carreteras - EG-2013.

- Análisis granulometría del agregado grueso y fino, para MTC E 504 (2016) la realización determina los parámetros establecido en obras para ser usados en el diseño de mezclas asfálticas requerido.
- Gravedad Específica y Absorción, de acuerdo con la MTC E 206 (2016), tiene por finalidad determinar el peso específico seco, saturado superficial, aparente y absorción después de un periodo de 24 horas. La selección de la muestra se realizó según el MTC E 201.
- Partículas Chatas y Alargadas, para el Manual de ensayos del MTC E 223 (2016), la finalidad es determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado en relación a la longitud y espesor empleando el calibrador proporcional.
- Ensayo Caras Fracturadas en el Agregado Grueso, de acuerdo MTC E 210, permite determinar el porcentaje de partículas fracturadas y cuantificar el porcentaje de que corresponde a una cara fracturada y una o más caras de fracturadas del agregado grueso. La selección de la muestra se realizará según la MTC E201.
- Ensayo de Abrasión los Ángeles, para el MTC E 207 (2016), este ensayo permite cuantificar la degradación de los agregados, permite conocer la resistencia empleando la Máquina de los Ángeles, a través de un tambor giratorio a una velocidad de 30 rpm por 500 revoluciones, empleando unas esferas de 48.8 mm aproximadamente con un peso que varía de 390 a 445 gramos. Como se observa en el cuadro 3 la gradación depende del número de esferas y en cuadro 2 los tipos de gradación.

Cuadro 2: Gradación de la Muestra para ensayo de Abrasión

Medida del tamiz		Gradación de muestra (gr)			
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	Nº4			2500 ± 10	
Nº4	Nº8				5000
TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales - MTC-2016.

Cuadro 3: Masa según la carga abrasiva

Gradación	Numero de Esfera	Masa de la Carga Abrasiva (gr)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales - MTC-2016.

En el cuadro 4 se muestra los ensayos que se realizan a los agregados finos se expone a continuación la finalidad para cada ensayo a realizar:

Cuadro 4: Ensayos del Agregado Fino.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Peso Específico y Absorción	MTC E 205	0.5% máx	0.5% máx
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx	NP
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 114	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40

Fuente: Manual de Carreteras -EG-2013.

- Gravedad Específica y Absorción del agregado Fino, de acuerdo al MTC E 205(2016) tiene por finalidad determinar el peso específico seco y saturado del agregado fino; la selección de la muestra se realizará de acuerdo al procedimiento de la MTC E 201.
- Equivalente de Arena, de acuerdo al MTC E 114(2016), este ensayo al agregado fino tiene por finalidad determinar el porcentaje de arcilla que ocasionan daños en las mezclas asfáltica. La selección de la muestra será la que pasa la malla N° 4, luego se llena la muestra a las probetas graduadas y se agrega la solución stock dejando

reposar por un periodo de 10 minutos, pasado se mueve horizontalmente se procede a las lecturas de arena y arcilla.

- Índice de Plasticidad, de acuerdo al MTC E MTC 111(2016) tiene por finalidad obtener el limite líquido, limite plástico y a la vez el índice de plasticidad, mediante la copa de Casagrande y usando una balanza con aproximación a 0.01 gr gramo, malla N° 40 y agua destilada para encontrar la humedad.
- Sales Solubles de acuerdo al MTC E 219 (2016), tiene por finalidad determinar los reactivos químicos mediante el lavado de agua destilada y la extracción total de las sales. Por último, del lavado realiza la cristalización para calcular el contenido de sales en el agregado. Se usará una balanza, matraces y tubos de ensayo, siguiendo el procedimiento de la norma.
- Angularidad del Agregado Fino, de acuerdo al MTC E 222(2016), tiene por finalidad determinar por medio de cálculo de vacíos de aire y la Angularidad de los agregados finos la cual se relaciona con la resistencia al ahuellamiento. La muestra seleccionada será la misma de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica. La angularidad se calcula mediante la siguiente formula:

$$A^{\circ} = \frac{V - \frac{W}{G_{sb}}}{V} \times 100$$

Donde:

A°: Angularidad del agregado fino.

W: Peso del agregado fino que lleva el cilindro

V: Volumen del cilindro.

G_{Sb}: Peso específico.

Uno de los aspectos más importantes de tener en cuenta al estudiar una mezcla asfáltica es la determinación de los parámetros o características volumétricos ya que están relacionadas con el comportamiento de la mezcla. Por ello se expone a continuación dichas características y se observa en la figura 1:

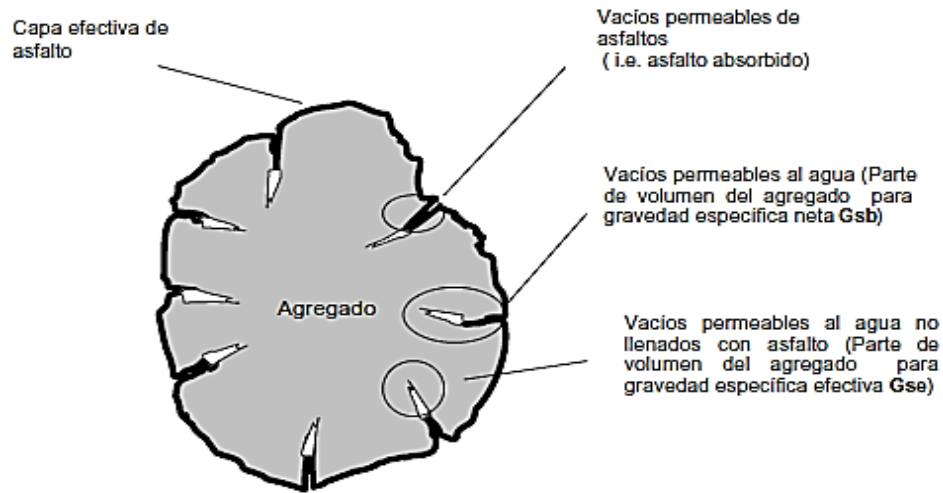


Figura 1: Parámetros de diseño Volumétrico

Fuente: Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas – Garnica, Delgado, Gómez, y Alarcón (2004).

La densidad de la mezcla compactada también se denomina como peso unitario. La densidad es una característica esencial, dado que es fundamental para obtener un pavimento acabado con redimiendo optimo y perdurable. La densidad se expresa en Kg/m^3 , esta se calcula mediante la multiplicación de la gravedad especifica total por la densidad del agua. (Asphalt Institute,1992)

El peso específico bruta “Bulk” (G_{mb}), se define como la relacion entre el peso del volumen de la mezcla asfaltica y el peso de igual volumen de agua, a igual temperatura. El procedimiento de este ensayo de acuerdo a la norma AASHTO T 166 (2014), primeramente, anotamos él se pesó de las briquetas secas, luego se pesa las briquetas que se encuentran sumergidas a una temperatura de 25°C durante 3 a 5 minutos y se finalmente se seca la biqueta retirada del reservorio para ser pesada. La fórmula empleada para el cálculo es el siguiente:

$$G_{mb} = \frac{A}{B - C}$$

En donde:

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

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr).

C: Peso de la muestra en el agua (gr).

Densidad máxima teórica (Gmm), se define como la relación entre el peso del volumen de la mezcla asfáltica y el peso de igual volumen de agua, a igual temperatura. Conocida también como gravedad específica RICE, en honor al investigador James Rice, quien desarrolló este método. El procedimiento de este ensayo de acuerdo a la norma AASHTO T 209 (1992), el peso resulta de separar la muestra, luego se enfría a 25°C y se pesa. Se adiciona agua a 25°C hasta cubrir la muestra y se tapa el picnómetro. Se lleva a un equipo para vibración mecánica o movemos a mano por 20 ± 5 minutos para eliminar el aire. La fórmula empleada para el cálculo es el siguiente:

$$G_{mm} = \frac{C}{A - (B - C)}$$

En donde:

A: Peso Picnómetro + Agua (gr).

B: Peso Picnómetro + Agua + Material (gr).

C: Peso de la muestra suelta (gr).

El porcentaje de vacíos al aire (Va), representa el volumen de la muestra compactada, expresado en porcentaje del volumen total de la mezcla. El aire que se encuentra entre las partículas del agregado revestidos en la mezcla final compactada. Es fundamental que todas las mezclas densamente graduadas conserven cierto porcentaje de vacíos para poder soportar una compactación adicional y proporcionar espacios para acomodar el asfalto ante cambios climáticos. (Asphalt Institute, 1992)

La durabilidad del pavimento asfáltico está en función del contenido de vacíos, mientras sea menor la cantidad de vacíos, la permeabilidad de la mezcla asfáltica. Se obtiene mediante la fórmula:

Fórmula empleada para el cálculo:

$$V_a = 100 * \frac{(G_{mm} - G_{mb})}{G_{mm}}$$

En donde:

Va: Vacíos de aire en la mezcla compactada en % del volumen total.

Gmm: Gravedad específica máxima teórica.

Gmb: Gravedad específica de una mezcla compactada.

Porcentaje de vacíos en el agregado mineral(VMA) representa el espacio ocupado por el volumen del asfalto y el volumen del aire, se determina en base a la gravedad específica bruta y se expresa como un porcentaje del volumen bruto de la mezcla compactada. Por lo tanto, el VMA, se puede calcular restando el agregado determinado de su peso específico. (Asphalt Institute,1992)

Mientras que el VMA sea mayor, el espacio libre para las capas de recubrimiento de asfalto será más elevado. Los valores mínimos para VMA se relacionan con el hecho de que mientras mayor espesor tenga la capa de asfalto que recubre las partículas de agregado, la mezcla tendrá un mejor desempeño. Se obtiene este valor mediante la fórmula:

Fórmula empleada para el cálculo:

$$VMA = 100 - \frac{(G_{mb} - V_s)}{G_{sb}}$$

En donde:

Gsb: Gravedad específica bruta del agregado

Gmb: Gravedad específica bruta de las briquetas.

Ps: Porcentaje o contenido de agregado.

El porcentaje de vacíos de Asfalto (VFA), define como el porcentaje de VMA que contiene asfalto. Se representa como porcentaje de los vacíos del agregado mineral. (Asphalt Institute,1992).

Fórmula empleada para el cálculo:

$$VFA = \frac{100 * (VMA - V_a)}{VMA}$$

En donde:

VFA: Volumen lleno de asfalto, en%

Va: Porcentaje de vacíos con aire.

VMA: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral.

Para Corredor (2008), la estabilidad es una de las propiedades principales que debe buscarse en una mezcla asfáltica, ya que de ella dependerá que alcance un óptimo comportamiento, asegurando que no se deforme ante los efectos de repetición de cargas, a la cual se ve sometido durante su vida de servicio.

En el cuadro 5 se muestra las causas que generan una mezcla con baja estabilidad y los efectos que producen. Cuando se diseñe una mezcla asfáltica debe evitarse las causas de estas mezclas inestables.

Cuadro 5: Causas y efectos de baja estabilidad.

Causas	Efectos
Exceso de asfalto en la mezcla	Exudación, sartenejal (ondulaciones)y ahuellamientos.
Exceso de tamaño medio (arena) en la mezcla.	"Blandura" de la mezcla durante la compactación y por tiempo posterior de servicio. Dificultad durante la compactación.
Agregado de partículas redondeadas, pocas o ninguna cara producida por fracturada.	Ahuellamiento y canalización

Fuente: Apuntes de Pavimentos vol. 2. Mezclas Asfálticas, materiales y diseño – Corredor (2008).

El valor de la estabilidad, se registra en el anillo de carga, se lee la carga axial aplicada: esta carga máxima, produce la rotura de la briqueta; este valor representa la deformación bajo las cargas de tránsito y de soportar tensiones. En la figura 2 se muestra la aplicación de la carga en el ensayo de Marshall.

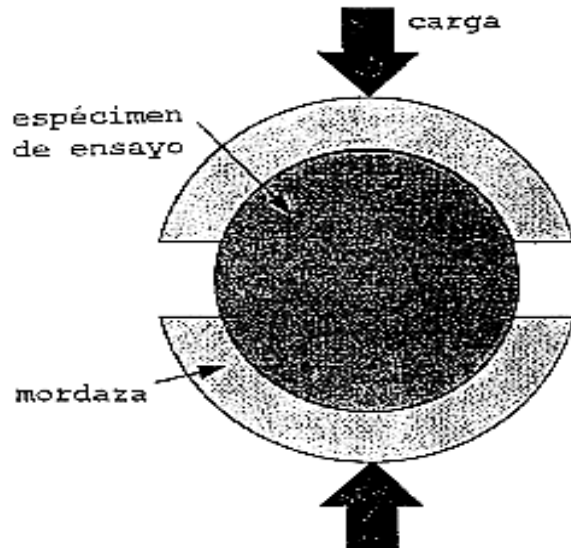


Figura 2: Mecanismo de aplicación de la carga en el ensayo Marshall

Fuente: Apuntes de Pavimentos vol. 2. Mezclas Asfálticas, materiales y diseño – Corredor (2008).

La fluencia o Flujo Marshall, medida expresada en centésima de pulgada (0.01 pulg), constituye la deformación diametral de la briqueta. Dicha deformación se presenta en la disminución del diámetro de la probeta al momento de alcanzar la carga máxima y medida en la dirección vertical de la misma. (Corredor,2008)

Las mezclas asfálticas que tienen valores bajos de fluencia y a la vez valores elevados de estabilidad Marshall son considerados demasiados frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Además, las que poseen valores elevados de fluencia tiene a deformarse bajo las cargas de tránsito ya que son demasiado plásticas. (Asphalt,1992)

En la figura 3 se muestra la curva carga –deformación en el ensayo Marshall de nota un periodo de comportamiento casi elástico” e”, existiendo la proporcionalidad entre las cargas y las deformaciones hasta el punto indicado como “E”, se puede considerar al segmento “0-E” las deformaciones son recuperadas por elasticidad instantánea. Posteriormente a partir del punto E y hasta alcanzar la carga máxima como estabilidad Marshall. Finalmente, la curva muestra un periodo en la que la mezcla fluye,

plásticamente “f”, con una deformación de mayor magnitud en la parte descendente de la curva antes de la falla total. (Nosetti,2006)

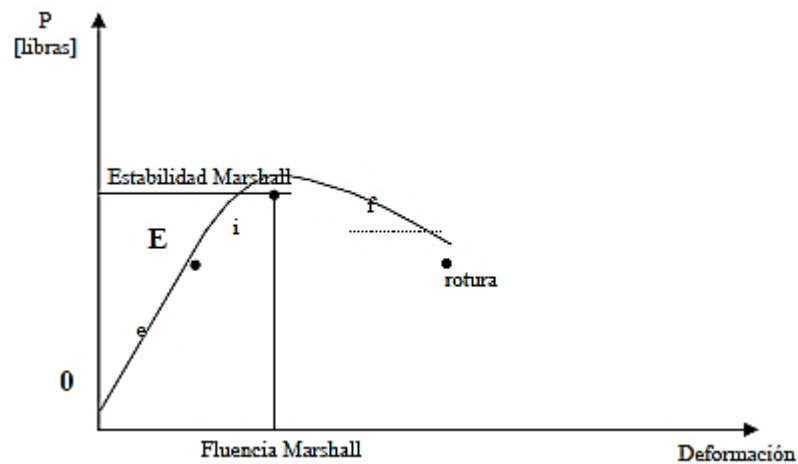


Figura 3: La curva carga – deformación en el ensayo Marshall

Fuente: Apuntes de Pavimentos vol. 2. Mezclas Asfálticas, materiales y diseño – Corredor (2008).

La relación estabilidad y flujo, permite determinar el valor del índice de rigidez, la que tendrá como resultado final el diseño de mezcla por el método Marshall. Este define las características elásticas en un material de viscosidad lineal expuesto a una carga sinusoidal.

Según el Manual de Carreteras (2013), la selección del cemento del cemento asfáltico se empleará según las condiciones del clima a usar, para riego de liga y en las mezclas asfálticas son de dos tipos por penetración y viscosidad absoluta. En el cuadro 6 muestra la carta de viscosidad.

Cuadro 6: 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 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: Manual de Carreteras -EG-2013

En el cuadro 7 se observa los parámetros de calidad del cemento asfáltico, mediante el cual es clasificado por el grado de penetración que presenta.

Cuadro 7: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN		PEN		PEN		PEN		PEN	
		40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Indice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) (1)	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) (2)											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm(3)	MTC E 306			50		75		100		100	

Fuente: Manual de Carreteras -EG-2013.

En el cuadro 8 se muestra, los ensayos que se realizan a la mezcla asfáltica producto de la combinación de agregados y cemento asfáltico. Estos se clasifican según el tipo de mezclas y deben cumplir con ciertos parámetros que establece el Manual de carreteras. En el cuadro 9 se muestra los Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA), de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas.

Cuadro 8: Parámetros para la Mezcla Asfáltica en Caliente.

Parámetro de diseño	Clases de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado de compactación.	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)(KN)	8.15	5.44	4.53
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos del Agregado Mineral	Ver cuadro 9		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700- 4.000		

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

Cuadro 9: Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA).

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral % Marshall
1" (25.0 mm)	13
3/4" (19.0 mm)	14
1/2" (12.5 mm)	15
3/8" (9.5 mm)	16
Nº 4 (4.75 mm)	18

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

Para Velásquez, Moraes y Bahía (2011), el daño por humedad, es la presencia del agua en las mezclas asfálticas generando la pérdida de rigidez y de la resistencia, debido a las fuerzas mecánicas en condiciones de humedad. El deterioro de las mezclas asfálticas causada por la presencia del agua se da por tres factores diferentes, cuales mencionaremos a continuación:

Fallas de Adherencia: Es la disminución del poder adhesivo, debido por la separación de enlaces entre moléculas de distintas fases.

Falla por cohesión: Pérdida causada por la ruptura de enlaces entre moléculas que se da en la película del asfalto.

Degradación del Agregado Mineral: Es la pérdida de resistencia de los agregados minerales causado por procedimientos mecánicos y químicos. Este procedimiento químico comprende la separación de algunos minerales que comprende a los agregados y a la vez los mecánicos se generan por la disgregación de los agregados. (Tamayo, Gutierrez y Cabrera,1983)

Sin embargo, el efecto de la humedad en la estabilidad del pavimento, puede ser originado por la combinación de más de uno de estos factores.

Existen otros agentes que influyen al daño de las mezclas asfálticas como la temperatura y el aire. Las excesivas cargas vehiculares producen ahuellamientos y fatiga en los pavimentos, la combinación del tráfico y la presencia del agua generan la degradación en las mezclas, siendo la humedad el generador principal de la pérdida de adherencia, ocasionando disminución de la resistencia del pavimento. (Gorkem y Sengoz,2009)

El clima es un conjunto de condiciones atmosféricas; la temperatura, precipitación, congelación, deshielo, humedad, presión y viento, etc. Son las que caracterizan una zona o lugar durante un periodo de tiempo. El clima es uno de los factores que afectan de manera significativa al comportamiento de un pavimento, en nuestro territorio peruano son las lluvias y los cambios de temperatura. (Sánchez y Campagnoli 2016).

El Perú tiene tres regiones costa, sierra y selva con diferentes climas, tenemos a la costa con un clima cálido y sin lluvias; sierra con temperaturas mínimas y máximos con lluvias; la selva de naturaleza tropical con temperaturas muy altas y con lluvias muy fuertes.

Según el MTC (2013), la temperatura origina principalmente en la deformación de la carpeta asfáltica, las bajas temperaturas tienen a generar la aparición de agrietamiento y que se potencian con el ahuellamiento. Sin embargo, las temperaturas altas tienen influir en los pavimentos causando ahuellamiento. Como se muestra en la figura 4, se puede presentar ahuellamiento por falla en la subrasante y en la figura 5, el ahuellamiento por falla en la mezcla asfáltica.

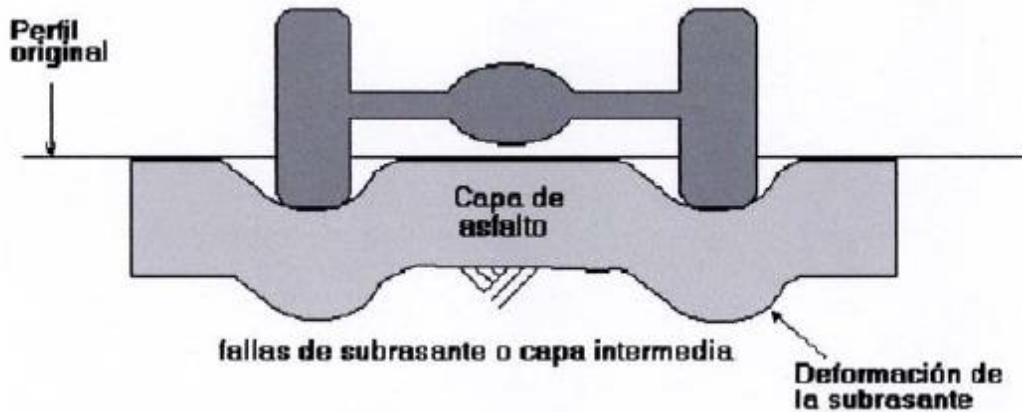


Figura 4: Ahuellamiento por fallas en la Subrasante.

Fuente: Deformaciones plásticas en las capas de rodaduras en pavimentos asfálticos –Rodríguez (2007).

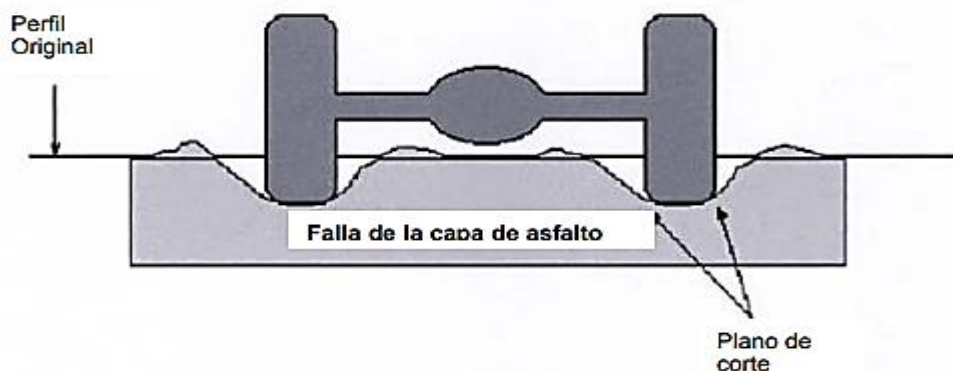


Figura 5: Ahuellamiento por fallas en la mezcla asfáltica

Fuente: Deformaciones plásticas en las capas de rodaduras en pavimentos asfálticos –Rodríguez (2007).

Para Sánchez y Campagnoli (2016), cuando se presentan elevadas temperaturas la carpeta asfáltica sufre agrietamiento superficial generadas por el envejecimiento, el deterioro por agrietamiento es más frecuente en los pavimentos construidos en climas fríos. El pavimento tiene a contraerse, volviéndose rígido y quebradizo, es la cual los esfuerzos por tensión en la capa asfáltica causan grietas. Estas grietas se pueden producir en ciclos de baja temperatura o en el calentamiento. Por ello en zonas cálidas se necesita el empleo de ligante asfálticos muy resistentes al envejecimiento. Pero en zonas muy frías es necesario el empleo de ligante de baja viscosidad y reducirá la susceptibilidad térmica en las mezclas asfálticas. A continuación, mencionaremos otros mecanismos de Fallas asociados al daño por humedad:

Para McGennis, Kennedy y Machemehl (1984), el stripping es un mecanismo que ocasiona la dispersión física del ligante y el agregado por la reducción de adherencia entre sí, generadas por la influencia o vapor del agua. La separación aumenta por la presencia de superficies lisas. Como se muestra en la figura 6 los principales daños por humedad en vías nacionales.



Figura 6: Daños por humedad en vías Nacionales

Fuente: Apuntes de Pavimentos vol. 2 Mezclas Asfálticas –Corredor (2008).

Ensayo Estabilidad Marshall Retenida, para ASTM D 4867, mediante este ensayo se determina el grado de susceptibilidad a daño por humedad en la resistencia a la tracción, para la cual se preparan una serie de briquetas con el óptimo porcentaje de ligante obtenido en el diseño Marshall. Las muestras son compactadas hasta obtener un porcentaje de vacíos entre 6% a 8%. Se recomienda empezar a compactar con 35 golpes y luego ir variando 50,65 y 75 golpes hasta obtener una la cantidad de vacíos para este ensayo. Como se observa en la figura 3, con los valores obtenidos se traza una curva donde se muestra el número de golpes versus el porcentaje de vacíos.

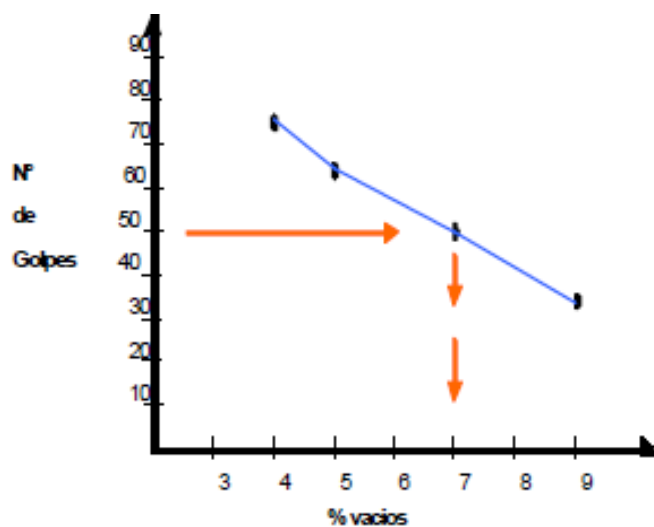


Figura 7: Grafica Relación N° de golpes vs % Vacíos.

Fuente: Manual Visualizado. Estabilidad Retenida. Ministerio de Infraestructura Fundación Laboratorio Nacional de Viabilidad Fundamental Vial (2003)

Luego se preparan seis probetas como mínimo, de las cuales tres serán ensayadas en seco siguiendo la metodología Marshall y tres ensayadas a condiciones de saturación parcial en condiciones de humedad. Se recomienda usar probetas 100 mm (4") y 62.5 mm (2.5"), al segundo grupo se medirá el diámetro y espesor y luego la densidad. Como se muestra en figura 8, seguidamente se le aplicara vacíos parciales de 20 pulg. de Hg por un periodo de 5 minutos.



Figura 8: Grafica Relación N° de golpes vs % Vacíos.

Fuente: Manual Visualizado. Estabilidad Retenida. Ministerio de Infraestructura
Fundación Laboratorio Nacional de Viabilidad Fundalana Vial (2003)

Posteriormente a este segundo grupo de briquetas, se procede a introducir en el baño de María durante 24 horas a una temperatura de $55^{\circ}\text{C} \pm 1$. Terminado este periodo se medirá el espesor y se determinara la densidad de cada briqueta, luego se sumergen a al baño María por 30 minutos a una temperatura de 60°C . Como se muestra en figura 9, después de transcurrido el periodo de inmersión se extrae la briqueta del baño María, se seca y se coloca en la mordaza para ser ensayada por la prensa Marshall. Se aplica una velocidad de 50.8 mm (2”) por minuto hasta que la briqueta falle total o parcialmente (rotura).



Figura 9: Aplicación de la Carga

Fuente: Manual Visualizado. Estabilidad Retenida. Ministerio de Infraestructura
Fundación Laboratorio Nacional de Viabilidad Fundalana Vial (2003).

Para el cálculo del esfuerzo de la tracción se emplea la siguiente ecuación:

$$St = \frac{2P}{\pi t D}$$

Donde:

St: Esfuerzo de tracción, Pa (psi).

P: Carga Máxima, Newton(lb)

t: espesor de la muestra, mm (pulg.).

D: espesor de la muestra, mm (pulg.).

La relación de la resistencia a la tracción (TSR), se obtiene dividiendo el esfuerzo promedio de tracción de todas las muestras condicionadas a saturación para las muestras de control sin condicionamiento. Según la ASTM D 4867, la resistencia a la tracción debe ser mayor o igual al 80%.

Para la presente investigación la formulación del problema es el siguiente:

¿Cuál es el efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo2018?

El presente estudio se justica en los siguientes aspectos:

En lo que respecta a lo metodológico es imprescindible establecer que, gracias a estudios basados, la técnica de la construcción de pavimentos se ha desarrollado, por ello se debe tener en cuenta aspectos y parámetros para el diseño de estructuras de pavimentos con la finalidad de la difusión de conocimientos.

Este proyecto se justifica teóricamente porque nos permite emplear nuestro conocimientos, procedimientos y metodología adquiridos en el curso de pavimentos para realizar la determinación del efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente

Este proyecto se justifica en el aspecto práctico, en la necesidad de evaluar los materiales de nuestra localidad y emplear el método Marshall para el diseño de mezclas asfálticas en caliente con agregados de la cantera San Bernardo; siguiendo el proceso requerido por la norma peruana MTC, a la vez también por AASHTO y ASTM.

Para la presente investigación se planteó la siguiente hipótesis:

El efecto de la humedad reduce la estabilidad de las mezclas asfálticas en caliente producidas con agregados de la cantera San Bernardo. Teniendo como objetivo general:

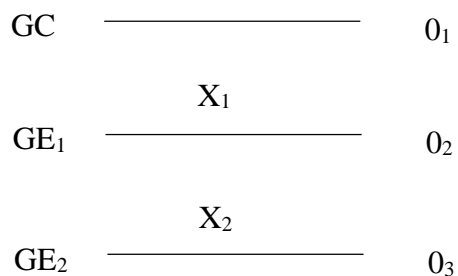
Evaluar el efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente realizada con los agregados de la cantera San Bernardo. Para lo cual se estableció los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados gruesos de la cantera San Bernardo.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos de la cantera San Bernardo.
- Determinar el porcentaje óptimo de ligante asfáltico para el diseño de mezclas empleando los agregados de la cantera San Bernardo.
- Determinar la estabilidad Retenida Marshall.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

La investigación realizada fue cuantitativa según Hernández y Baptista (2014), ya que recoge y analiza datos para explicar mejor la hipótesis y el diseño de investigación a emplearse corresponde al diseño experimental puro. El esquema es el siguiente:



Dónde:

GC : Es el grupo control, son las briquetas secas, sin humedad.

GE₁ : Es el grupo experimental 1, son las briquetas con sin inmersión.

GE₂ : Es el grupo experimental 2, son las briquetas con inmersión.

X₁ : Es el estímulo creciente, humedad de las briquetas sin inmersión.

X₂ : Es el estímulo creciente, humedad de las briquetas con inmersión.

————— : Es el control total

O_{1, 2 3} : Resultados de la estabilidad de las briquetas.

2.2 Operacionalización de variables

2.2.1 Variable:

- Variable Independiente: Humedad
- Variable Dependiente: Estabilidad

2.2.2 Operacionalización

Cuadro 10: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Estabilidad	Es la capacidad para poder resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas del tránsito. (Asphalt Institute, 1992)	Operacionalmente la estabilidad viene a ser el procedimiento de preparación de una serie de briquetas, esta se registra en el anillo de carga, cuando la carga máxima, produce la rotura de la briketa; mediante el equipo Marshall. (MTC E 504)	Estudio de agregados gruesos	Análisis granulométrico por tamizado (%)	Cuantitativa Razón
				Durabilidad al sulfato de magnesio(%)	
				Abrasión los ángeles (%)	
				Partículas chatas y alargadas (%)	
				Caras fracturadas (%)	
				Peso específico y Absorción	
			Estudio de agregados finos	Equivalente de arena (%)	Cuantitativa Ordinal
				Índice de plasticidad (N° Malla 40)	
				Índice de plasticidad (N° Malla 200)	
				Gravedad específica y Absorción	
			Diseño de mezcla asfáltica	índice de durabilidad (%)	Cuantitativa Razón
				Estabilidad (Kg)	
				Flujo (mm)	
				Vacíos al aire (%)	
				Peso Unitario(Kg/m ³)	
Contenido de asfalto (%)					
Vacíos lleno de asfalto (%)					
Vacíos de Agregado Minera (%)					

Humedad	Forma parte del agua o que demuestra estar impregnado en ella.(Rios,2001)	Inmersión y saturación de las briquetas al agua de acuerdo a la Norma ASTM 4867 M-96	Inmersion y saturación.	Estabilidad (Kg)	Cuantitativa Razón
				Flujo (mm)	

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1 Población

El estudio y análisis en la cual se ha enfocado la investigación es a los agregados de la cantera San Bernardo de la ciudad de Trujillo que pertenece al Departamento de La Libertad. Se realizó la mezcla asfáltica con ligante asfáltico Pen 60/70, agregados gruesos y agregado fino.

2.3.2 Muestra

Primera Etapa: Se trabajó con 15 briquetas de las cuales, se realizaron 3 por briquetas por cada porcentaje de contenido de cemento asfáltico los cuales son: 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% 7.0% , para determinar el óptimo porcentaje de C.A como se observa en el cuadro 11.

Cuadro 11: Cantidad especímenes para Diseño Marshall.

ENSAYO DE DISEÑO MARSHALL					
Cemento Asfáltico (%)	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	7.00%
Cantidad de especímenes	3	3	3	3	3

Segunda Etapa: Con el óptimo porcentaje de cemento asfaltico se realizó 6 briquetas, de las cuales se evaluó la relacion de la estabilidad 3 briquetas sin inmersión y 3 con inmersión.

Cuadro 12: Cantidad especímenes para el Ensayo de Estabilidad Marshall Retenida.

MUESTRA	N° ESPECIMEN
SIN INMERSIÓN	3
CON INMERSIÓN	3

2.3.3 Muestreo

El tipo de muestreo será aleatorio simple ya que la selección de la muestra es de manera intencional.

2.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

2.4.1 Técnicas:

La técnica de recolección de datos empleada para la presente investigación será la observación. La observación: Es uno de los métodos esenciales para obtener información de forma visual, mediante la percepción y seleccionando la información imprescindible.

2.4.2 Instrumentos:

Se utilizará la guía de observación.

Los ensayos cuentan con su respectivo instrumento de medición los que se encontraran normados por la MTC como por AASHTO.

Instrumentos Documentales:

El instrumento documental que se utilizará en este proyecto será: Ficha técnica. En el Anexo 1, se muestra la Ficha Técnica de ensayos para el presente estudio.

Equipos:

Los equipos que se utilizará en este proyecto serán:

- La prensa Marshall.
- Picnómetro
- Bomba de Vacíos
- Horno, estufas.
- Compactador Marshall

2.5 Procedimiento

Se realizará la evaluación de los efectos de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente mediante el método de Marshall. Para el estudio se seleccionó los agregados de la cantera San Bernardo se realizaron los ensayos requeridos a los agregados para un diseño de Mezclas y finalmente se realizó el ensayo estabilidad retenida.

2.6 Método de Análisis de datos

- Para llevar a cabo el análisis de los agregados se empleará el laboratorio de suelos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados fino y grueso.
- Para los datos se empleará tablas, mediante el software Microsoft Excel se obtendrán los gráficos y a la vez se utilizará el software Microsoft Word para la estructura de la presente investigación.
- Para la valoración de los ensayos en el laboratorio se tomará los requerimientos del MTC.

2.7 Aspectos Éticos

La presente investigación se elaborará con sinceridad y honestidad, en lo que respecta a los ensayos de los agregados y diseño de mezcla asfáltica se realizarán siguiendo el procedimiento que indican las normas técnicas para obtener resultados verídicos.

III. RESULTADOS

3.1 Parámetros de Investigación

Para la realización del diseño de la mezcla asfáltica en caliente se utilizó el método Marshall. Los agregados finos y gruesos se obtuvieron procedentes de la Cantera San Bernardo ubicado (Huanchaco, Milagro, Trujillo), estos deben cumplir los requerimientos necesarios para el diseño de mezcla asfáltica. En el cuadro 13 se presenta información de la cantera.

Cuadro 13: Información de la Cantera.

Información de la Cantera					
Cantera	Agregado	Zona	Ubicación (Coordenadas UTM)	Accesibilidad	Formal o Informal
San Bernardo	Fino y Grueso	El Milagro	17 m X=712899 m Y=9116748 m	Km 588 Panamericana Norte	Formal

La figura 10 se muestra, la variación del clima para la ciudad de Trujillo, La Libertad, para el periodo (1950-1991), según el IGP la precipitación media anual es de 22.9° C y 15,7°C presente estudio se consideró como un parámetro para el diseño de mezclas asfálticas. Para la selección del cemento asfáltico se consideró estas condiciones climáticas por lo que se utilizó el PEN 60/70, como indica requerimiento del Manual de carreteras.

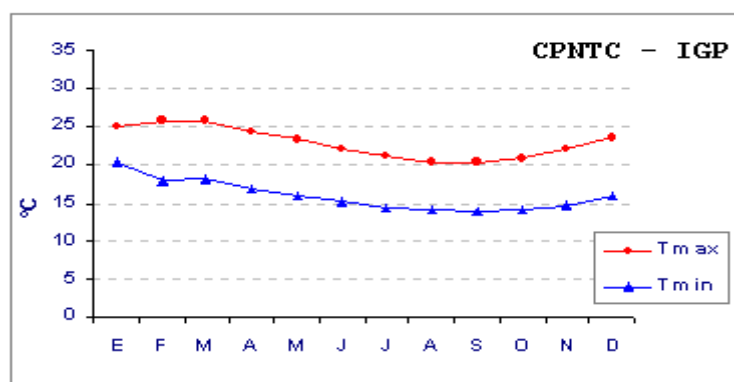


Figura 10: Promedios multianuales de temperatura máxima y mínimas

Fuente: Instituto Geofísico del Perú.

3.2 Ensayo de los Agregados

3.2.1 Agregados Grueso y Agregados Fino

Para realización se siguió los pasos que indica la MTC E 504 cuya finalidad es demostrar que cumplen con los parámetros establecidos para ser usados en el diseño de mezclas asfálticas. Se muestra el cuadro 14, el tamaño de 3/4" con un peso de 5000 gramos de agregado grueso y 500 gramos de agregado fino. En el cuadro 15 se muestra los resultados del ensayo granulométrico.

Cuadro 14: Selección de muestra para ensayo.

Tamaño máximo Nominal malla cuadrada mm - (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de ensayo Kg - (lb)
3/8" (9.5 mm)	1 - (2)
1/2" (12.5 mm)	2 - (4)
3/4" (19.0 mm)	5 - (11)
1" (25.0 mm)	10 - (22)

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC-2016.

Cuadro 15: Resultados de Granulometría al agregado fino y grueso.

TAMIZ		AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		
Nº	ABERT. (m.m)	PESO (gr)	% RET. PARCIAL	% PASA	PESO (gr)	% RET. PARCIAL	% PASA
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	1220.30	24.41	75.59	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	1835.20	36.70	38.89	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	987.55	19.75	19.14	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	854.45	17.09	2.05	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	102.50	2.05	0.00	87.90	17.58	82.42
Nº 40	0.420	0.0	0.00	0.00	213.70	42.74	39.68
Nº 80	0.180	0.0	0.00	0.00	91.40	18.28	21.40
Nº 200	0.074	0.0	0.00	0.00	67.70	13.54	7.86
PLATO		0.0	0.00	0.00	39.30	7.86	0.00
TOTAL		5000.00	100.00		500.00	100.00	

3.2.2. Partículas Chatas y Alargadas

Según el Manual de ensayos del MTC E 223, del agregado debe de tener un máximo de 10% de Partículas Chatas y Alargadas, considerando los equipos, materiales y procedimientos. La selección del tamaño de muestra se dio según el cuadro 18 considerando el tamaño máximo nominal de 3/4". El cuadro 17 muestra la gradación que se realiza al agregado grueso para el ensayo.

Cuadro 16: Selección de muestra de ensayo

Tamaño máximo Nominal malla cuadrada mm - (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de ensayo Kg - (lb)
3/8" (9.5 mm)	1 – (2)
1/2" (12.5 mm)	2 – (4)
3/4" (19.0 mm)	5 – (11)

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013.

Cuadro 17: Resultados de la gradación.

Tamiz	Abertura	Peso	Retiene	Pasa
(pulg.)	(mm)	(g)	(%)	(%)
1"	25.40			100.005
3/4"	19.05	841.15	25.57	74.43
1/2"	12.70	1574.85	47.86	26.57
3/8"	8.75	874.20	26.57	0.00
Total		3290.20	100.00	

Cuadro 18: Máximo Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas.

TAMAÑO DEL AGREGADO		A (g)	B (g)	C ((B/A)*100)	D (%)	E (C*D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1"	3/4"	841.15	82.15	9.77	25.57	249.68
3/4"	1/2"	1574.85	165.15	10.49	47.86	501.95
1/2"	3/8"	874.20	52.05	5.95	26.57	158.20
TOTAL		3290.20	299.35		100.00	909.82
%PART.CHATAS Y ALARGADAS = $\Sigma E / \Sigma D =$				9.10	%	

El cuadro 18 representa los resultados del ensayo realizadas en el laboratorio de MTC, donde se puede observar que el porcentaje de partículas chatas y alargadas es 9.10 % considerando el material óptimo para su adherencia.

3.2.3. Ensayo Caras Fracturadas

Se realizó siguiendo el procedimiento, uso de equipo y materiales que indica la MTC E 210, seleccionando el material según el tamaño máximo nominal como se observa en el cuadro 19., ya que mayor cara fracturada permite mejor la adherencia de la mezcla debido a la rugosidad.

Cuadro 19: Selección de muestra de ensayo.

Tamaño Máximo Nominal Muestra de ensayo mínima mm - (pulgada)	Muestra de ensayo g (aprox .lb.)
3/8" (9.5 mm)	200 – (0.5)
1/2" (12.5 mm)	500 – (1)
3/4" (19.0 mm)	1500 – (3)
1" (25.0 mm)	3000 – (6.5)

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013

Cuadro 20: Resultados Con una Cara Fracturada.

TAMANO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARA FRACTURADA	PORCENTAJE DE CARA FRACTURADA	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO DE CARA FRACTURADA
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	A	B	C	D	E
		(g)	(g)	$((B/A)*100)$	(%)	C*D
1-1/2"	1"					
1"	3/4"	421.10	357.61	84.92	28.1	2384.1
3/4"	1/2"	748.31	657.50	87.86	49.9	4383.3
1/2"	3/8"	330.60	274.42	83.01	22.0	1829.5
TOTAL		1500.01	1289.53	170.87	100.0	8596.8
% CON UNA CARA FRACTURADA = $\Sigma E / \Sigma D$				86.0	%	

En el cuadro 20 se representa los resultados del ensayo de caras fracturadas por lo cual se realizó para una cara fracturada obteniendo como resultado 86.0 %.

Cuadro 21: Resultado Con dos o más Caras Fracturadas.

TAMANO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	(%)	C*D
1-1/2"	1"	0.0				
1"	3/4"	421.10	317.32	75.36	28.1	2115.5
3/4"	1/2"	748.31	631.35	84.37	49.9	4209.0
1/2"	3/8"	330.60	240.43	72.73	22.0	1602.9
TOTAL		1500.01	1189.10		71.9	7927.3
% CON MAS DE UNA CARA FRACTURADA = $\Sigma E / \Sigma D$				79.3	%	

En el cuadro 21 se representa los resultados del ensayo de caras fracturadas por lo cual se realizó para más de una cara fracturada obteniendo como resultado 79.3 %.

3.2.4. Equivalente de Arena

Para realizar este ensayo se utilizó una muestra de 500 gr que pasa el tamiz N°4 según el procedimiento del Manual de ensayo de materiales del MTC E 114. Este ensayo debe cumplir con los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras EG -2013, para establecer el material arcilloso, polvo en suelos y agregados finos.

Cuadro 22: Resultados del ensayo Equivalente de Arena.

N°	DESCRIPCIÓN		N° DE MUESTRAS			
			M 1	M 2	M 3	M 4
1	Hora de entrada de saturación		12.08	12.13	12.17	12.3
2	Hora de salida de saturación	(1+10')	12.18	12.23	12.27	12.4
3	Hora de entrada proceso de decantación		12.21	12.26	12.29	12.44
4	Hora de salida de decantación	(3+20')	12.41	12.46	12.49	1.04
5	Altura de material fino (1)		5.5	5.1	5.3	4.8
6	Altura de material grueso (2)	(6/5)	4.1	4.3	4.4	4.2
7	EQUIV. DE ARENA		75	84	83	88
8	% PROM. EQUIV. DE ARENA :		82			

El cuadro 22, se muestra el resultado del porcentaje de equivalente de arena de la muestra ensayada, siendo el valor de 82%, cumpliendo con los requerimientos establecidos por manual de Carreteras.

3.2.5. Angularidad del Agregado Fino

La selección de la muestra es la misma que se utiliza en la elaboración de la mezcla asfáltica. Se separa el material que pasa el tamiz N°8 y N°200, los equipos, y procedimiento según la MTC E 222.

Cuadro 23: Resultados Angularidad del agregado fino

DATOS		UND	M ₁	M ₂	M ₃
V	Volumen del cilindro	cm ³	109.77	109.77	109.77
Geb	Gravedad específica bruta	gr/cm ³	2.39	2.48	2.43
W	Peso de la muestra que llena el cilindro	gr	147.25	145.43	146.57
A°	$Vv = (W/Geb)/V * 100$	%	43.87	46.58	45.05
% Prom. de Angularidad del agregado fino =			45.17		

El cuadro 23, muestra el resultado del porcentaje de angularidad de la muestra ensayada, siendo el valor de 45.17%, cumpliendo con la norma.

3.2.6. Índice de Plasticidad (Malla N°40 y N°200)

La selección de la muestra se realizó al agregado fino que pasa la malla N°40 y N°200, se realizó siguiendo el procedimiento de la MTC E 111 y MTC 114. El peso que usamos es 21 gr de la muestra que paso el tamiz N° 40. Se usó 1.8 gr para la realización de la esfera para dicho ensayo.

Cuadro 24: Resultados del Índice de Plasticidad del agregado fino

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2
Ensayos					
N° de golpes	3	4	3		
Código de tara	A-1	A-2	A-3	A-A	B-B
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	20.45	22.32	22.36	13.34	14.54
Peso de tara + suelo seco (gr)	20.31	21.72	21.76	12.26	14.13
Peso de agua (gr)	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (gr)	10.73	10.34	10.62	10.76	10.54
Peso de suelo seco (gr)	9.58	11.38	11.14	1.5	3.59
Contenido de humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP
IP = LL - LP					
IP: índice plástico del material (%)	LL: Limite liquido del material obtenido (%)			LP: Limite plástico del material obtenido (%)	
	LL:	NP	LP:	NP	
		IP		NP	

El cuadro 24, muestra el resultado, del ensayo de plasticidad del cual no presenta limite liquido ni plástico, cumpliendo con los requerimientos del establecidos por el Manual de Carreteras (2016).

El cuadro 25 y el cuadro 26 se muestra, el resumen de resultados de ensayos realizados a los agregados finos y gruesos respectivamente cumpliendo con los requerimientos que indica el Manual de Carreteras (2013).

Cuadro 25: Resultados de Ensayos de Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento		RESULTADO	CUMPLE
		Altitud (m. s. n. m)			
		≤ 3.000	>3.000		
Análisis Granulométrico por tamizado	MTC E 204				Cumple con especificaciones.
Peso Específico y Absorción Agreg. grueso	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.	0.98	Cumple
Abrasión los Angeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.		No se realizó
Porcentaje de Caras Fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70	80	Cumple
Partículas chatas y alargadas	MTC E 223	10% máx.	10% máx.	9.1	Cumple
Salas Solubles Totales agreg. grueso	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.12	Cumple

Cuadro 26: Resultados de Ensayos de Agregados Fino

Ensayos	Norma	Requerimiento		RESULTADO	CUMPLE
		Altitud (m. s. n. m)			
		≤ 3.000	>3.000		
Equivalente de Arena	MTC E 114	60 mín.	70 mín.	82	Cumple
Peso Específico y Absorción agreg. fino.	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.	0.43	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP	NP	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 114	NP	NP	NP	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.	36.8	No se realizó
Salas Solubles Totales agreg. fino.	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.15	Cumple
Angularidad del agregado fino.	MTC E 222	30 mín.	40 mín.	45.17	Cumple

3.3 Diseño Marshall Mezcla Asfáltica Tradicional

El procedimiento del método Marshall previamente los agregados deben cumplir con ciertos requerimientos que indica el MTC. El cuadro 27 se muestra, que según la gradación (MAC) deberá cumplir algunos de los usos granulométricos.

Cuadro 27: Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC).

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 (Nº 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (Nº 10)	29-45	30-52	43-61
425 µm (Nº 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (Nº 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (Nº 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

En el cuadro 28 se determinó diseño de mezcla a partir de la combinación de los agregados, con un porcentaje de 48 % de agregado grueso y 52% de agregado fino, cumpliendo los parámetros dados por la gradación de Mezcla asfáltica en caliente según el Manual de Carreteras.

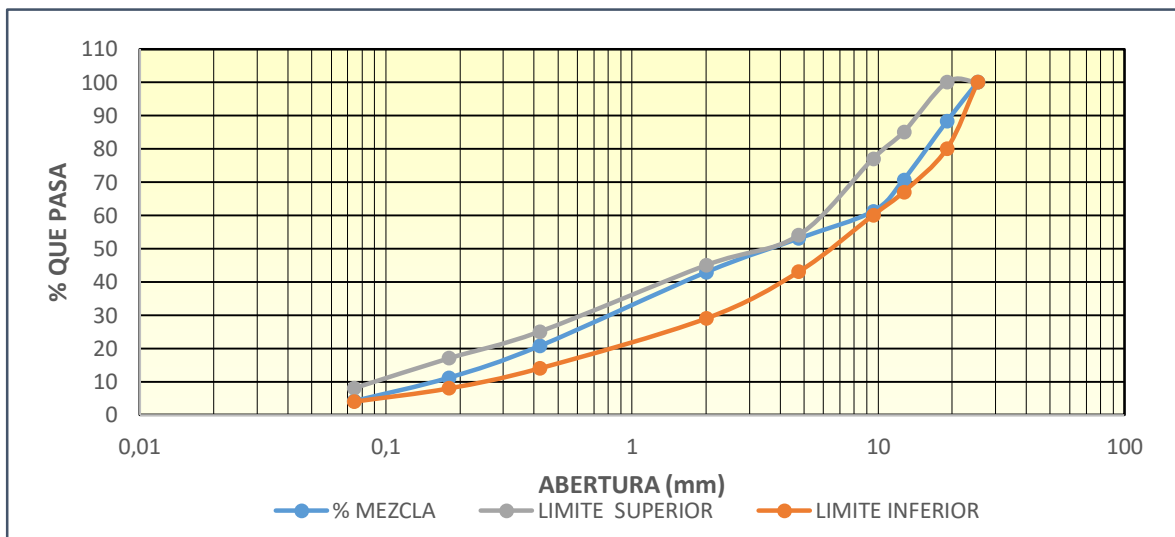
Cuadro 28: Proporción de Mezcla

PROPORCIÓN DE MEZCLA	
Agregado Grueso	48.00%
Agregado Fino	52.00%

Cuadro 29: Resultados del Diseño de Mezclas para una MAC-1.

TAMIZ		GRANULOMETRÍA RESULTANTE				
		AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	MEZCLA	MAC - 1	
Nº	ABERT (mm.)	% PASA	% PASA	% PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1"	25.400	48.00	52.00	100.00	100	100
3/4"	19.050	36.28	52.00	88.28	80	100
1/2"	12.700	18.67	52.00	70.67	67	85
3/8"	9.525	9.19	52.00	61.19	60	77
Nº 4	4.750	0.98	52.00	52.98	43	54
Nº 10	2.000	0.00	42.86	42.86	29	45
Nº 40	0.420	0.00	20.63	20.63	14	25
Nº 80	0.180	0.00	11.13	11.13	8	17
Nº 200	0.074	0.00	4.09	4.09	4	8

En el cuadro 29 se muestra los resultados del Diseño de mezclas para una gradación MAC-1.



CURVA GRANULOMÉTRICA

Figura 11: Curva Granulométrica diseño de mezcla con los límites MAC-1

En la figura 11 se observa, que los agregados (fino y grueso) que se utilizó en la mezcla asfáltica están dentro de los límites requeridos para una gradación MAC -1.

3.3.1. Contenido Óptimo de Asfalto

Según el Instituto del Asfalto (1992), el porcentaje óptimo de asfalto se calcula en base al análisis granulométrico del agregado y absorción.

$$\% \text{ C.A} = 0.035 a + 0.045 b + k c + K$$

Donde:

CA=Porcentaje Optimo de cemento asfaltico

a= % de agregado retenido en el tamiz N° 10.

b= % de agregado que pasa el tamiz N° 10 y se retiene el tamiz N° 200.

c= % de agregado que pasa el tamiz N° 200.

k= Toma los siguientes valores que se muestra en el cuadro 30.

K=Varia de 0% a 2%, dependiendo del grado de absorción de los agregados. Se recomienda K=0.7% en ausencia de datos.

Cuadro 30: Valores de K.

k	Condición
0.2	Si el valor de c, varia del 11% al 15%
0.18	Si el valor de c, varia del 6% al 11%
0.15	Si el valor de c, es menor del 5%

Fuente: Instituto del Asfalto (USA)

Esto resulta:

$$\% \text{ C.A} = 0.035 a + 0.045 b + k c + K$$

$$\% \text{ C.A} = 0.035 (57.14) + 0.045 (35) + 0.18 (7.86) + 0.7$$

$$\% \text{ C.A} = 5.85 \cong 6.00$$

3.3.2 Elaboración de Briquetas:

De acuerdo al MTC E 504 establece realizar por lo menos tres especímenes, por lo menos, para cada contenido de asfalto, se considera una variación de 0.5%, se emplea dos mezclas por encima y dos por debajo del contenido óptimo de asfalto. Por lo tanto, se elaboraron 15 especímenes (briquetas), tendrán un peso de 1200 gr aproximadamente. Previamente se llevó los agregados al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, para la absorción de humedad.

Como se muestra en el cuadro 31, para la elaboración de cada espécimen se mezclaron cantidades necesarias de cada fracción de agregado según la granulometría determinada y cemento asfáltico para alcanzar el peso requerido, y a la vez como se observa en el cuadro 32, tendrán una altura de 63.5 ± 2.5 mm; los agregados y el asfalto serán calentados a una temperatura entre 145°C a 160° , se introduce el molde y la cara del martillo en un baño de agua hirviendo, a una temperatura entre 90 y 150°C . Se procedo ha compactar con 75 golpes por cada cara de la briqueta y retiramos del molde para dejarlo enfriar por 24 horas, para encontrar sus parámetros volumétricos.

Cuadro 31: Peso y porcentaje de cada Espécimen.

ASFALTO		AGREGADOS			
% C.A	Asfalto (gr)	48.00%	52.00%	Agregado grueso (%)	Agregado fino (%)
		Agregado grueso (gr)	Agregado fino (gr)		
5.00%	60	547.2	592.8	45.6	49.4
5.50%	66	544.32	589.68	45.36	49.14
6.00%	72	541.44	586.56	45.12	48.88
6.50%	78	538.56	583.44	44.88	48.62
7.00%	84	535.68	580.32	44.64	48.36

Cuadro 32: Altura de cada Espécimen.

% C.A	Altura de los Especímenes (h)			
	h ₁ (cm)	h ₂ (cm)	h ₃ (cm)	Promedio (cm)
5.00%	6.8	6.6	6.5	6.63
5.50%	6.5	6.5	6.5	6.50
6.00%	6.5	6.7	6.4	6.53
6.50%	6.9	6.5	6.5	6.63
7.00%	6.9	6.4	6.8	6.70

Cuadro 33: Resumen de resultados con 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% 7.0% de C.A

% CA	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO (mm)	PESO ESPEC.	% VACIOS	% VFA	% VMA
5.0	1234	3.24	2.28	5.56	67.25	16.95
5.5	1341	3.43	2.31	4.34	74.84	16.36
6.0	1364	3.72	2.31	3.97	76.35	16.75
6.5	1294	3.83	2.30	3.61	79.18	17.34
7.0	1161	3.95	2.31	3.11	82.48	17.59

En el cuadro 33 se muestra, los resultados obtenidos de los parámetros volumétricos con diferentes porcentajes de cemento asfáltico, luego se realizó las respectivas gráficas para determinar el óptimo porcentaje de cemento asfáltico.

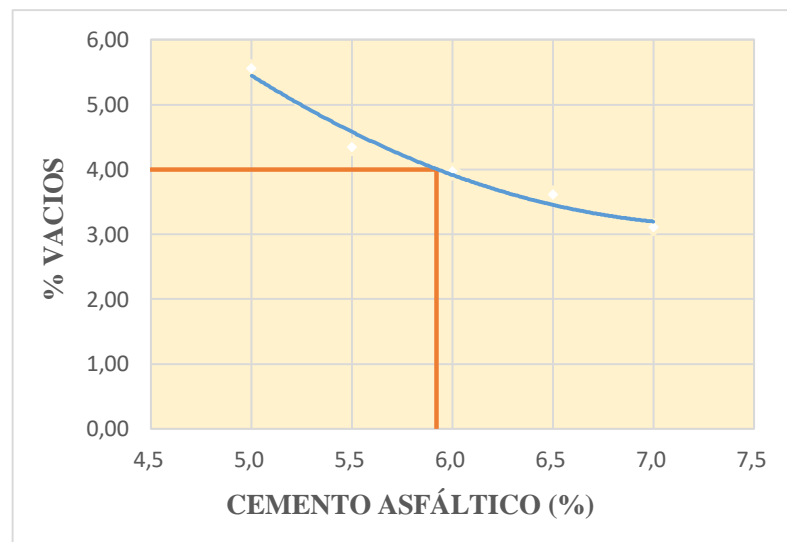


Figura 12: Curva % Vacíos vs % Cemento Asfáltico

Se observa en la figura 12, el valor del contenido óptimo de asfalto es 5.92% se obtuvo a partir del promedio de 3% a 5% de vacíos.

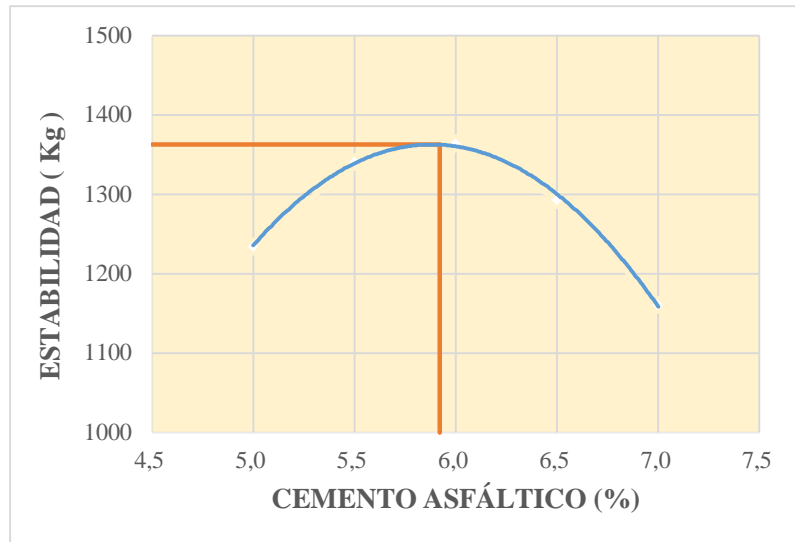


Figura 13: Curva Estabilidad vs Cemento Asfáltico

Se observa en la figura 13, la estabilidad obtenida para una mezcla convencional 1363.00 kg con un óptimo de 5.92 % de cemento asfáltico.

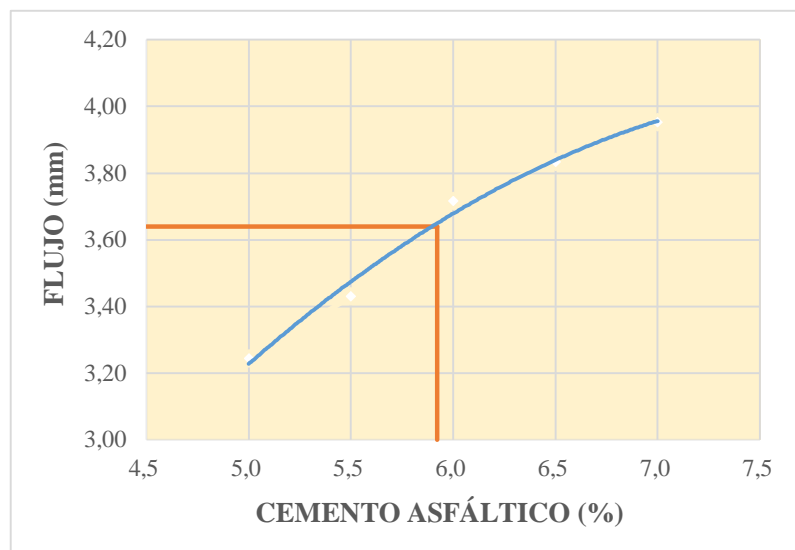


Figura 14: Curva Flujo vs Cemento Asfáltico

Se observa en la figura 14, el valor del flujo que se obtuvo 3.64 mm con un óptimo de 5.92 % de cemento asfáltico.

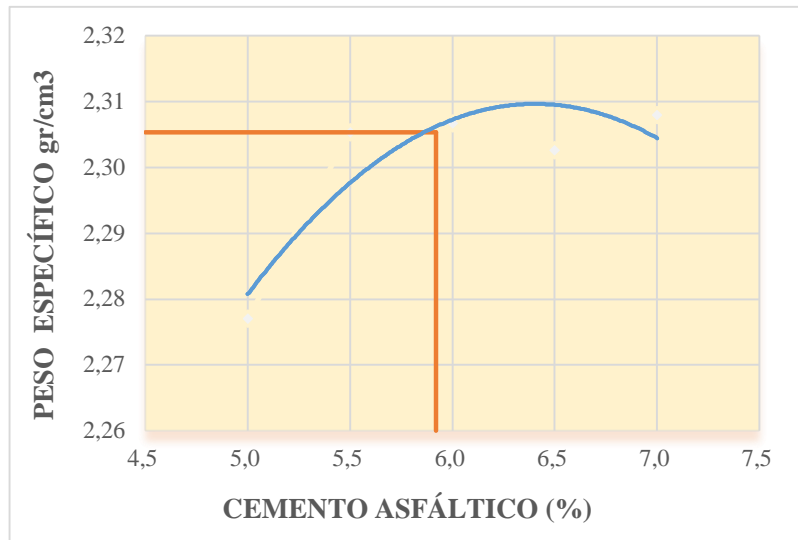


Figura 15: Curva Peso Específico vs Cemento Asfáltico

Se observa en la figura 15, que el peso específico para la mezcla convencional con 2.3053 kg/m³, con un óptimo de 5.92 % de asfalto.

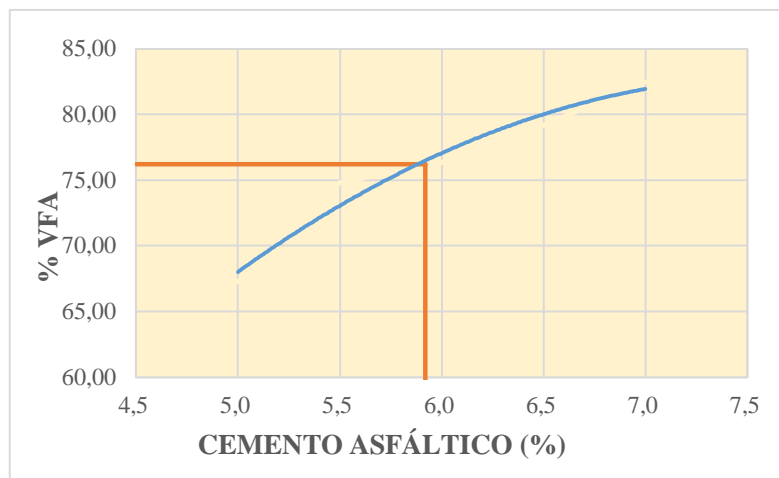


Figura 16: Curva % VFA vs % Cemento Asfáltico

Se observa en la figura 16, el vacío lleno de cemento asfáltico es de 76.21% con un óptimo de 5.92 % de asfalto.

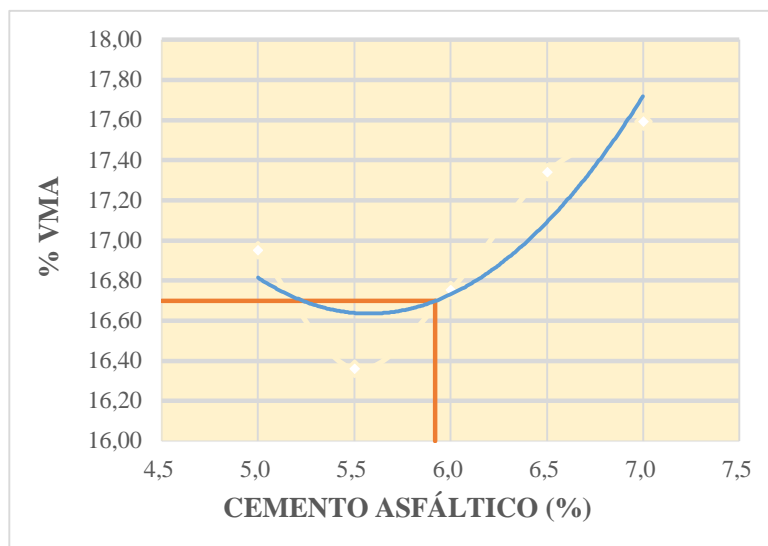


Figura 17: Curva % VMA vs % Cemento Asfáltico.

Se observa en la figura 17, el valor obtenido de los vacíos del agregado mineral es de 16.70% con un óptimo de 5.92 % de asfalto

En el cuadro 34 se muestra, los resultados del Ensayo Marshall realizados de acuerdo al procedimiento que indica la MTC E 504, que establece los parámetros mínimos para el diseño de mezcla.

Cuadro 34: Resultados del Ensayo Marshall.

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA	ESPECIFICACION MTC E 504	RESULTADO	Condición de diseño
Óptimo contenido de % C.A		5.92	
Estabilidad mínima (Kg)	850 mín.	1363.00	Cumple
Flujo (0.01") 0.25 mm	8-16 (2.032-4.064)	3.64	Cumple
Porcentaje de Vacíos	3-5	4	Cumple
Porcentaje de Vacíos del agregado Mineral (% VMA)	16 mín.	16.70	Cumple
Relacion Estabilidad /flujo (Kg/cm)	1700 - 4000	3744.51	Cumple
Peso Especifico (Kg/m ³)		2.3053	Cumple
Porcentaje de Volumen Lleno de Asfalto (%VFA).	65 -75	76.21	No Cumple

3.4 Resultados de Estabilidad Retenida Marshall (EMR)

El ensayo Estabilidad Retenida Marshall se realizó siguiendo el procedimiento similar al indicado en la ASTM D 4867M 96. En el cuadro 35 se muestran los resultados de los parámetros volumétricos ensayados a las briquetas condicionadas sin inmersión y con inmersión.

Cuadro 35: Resultados de Estabilidad Retenida.

Dato	Muestra	SECAS			HUMEDAS		
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₁	M ₂	M ₃
D	Diámetro mm	103.2	102.8	102.7	102.5	103.1	103.0
t	Espesor (altura) ,mm	67.2	67.6	66.4	67.6	68.3	68.8
A	Peso Seco en Aire gr	1210.7	1212.5	1214.6	1213.3	1221.4	1218.6
B	Peso Muestra sat.Sup.Seca.g	1215.2	1217.9	1220.5	1216.7	1225.5	1221.6
C	Peso en Agua. gr	698.7	699.6	702.3	697.5	702.4	701.1
E	Volumen (B-C),cc	516.5	518.3	518.2	519.2	523.1	520.5
F	Peso Específico Bulk (A/E)	2.344	2.339	2.344	2.337	2.335	2.341
G	Rice	2.517	2.517	2.517	2.517	2.517	2.517
H	% Vacíos (100(G-F)/G)	6.9	7.1	6.9	7.2	7.2	7.0
I	Volumen de Vacíos de Aire (HE/100)	35.5	36.6	35.6	37.2	37.8	36.4
P	Estabilidad (Lb)	1618.50	1596.99	1645.20			
Saturado mm Hg(pulg .Hg) a 20 pulg Hg.							
B'	Peso Muestra sat.Sup.Seca.g				1247.1	1248.3	1243.2
C'	Peso en Agua.g				714.8	712.7	713.4
E'	Volumen (B'-C'),cc				532.3	535.6	529.8
J'	Volumen Absor.Water (B'-A')				33.8	26.9	24.6
	% Saturación (100 J'/I)				90.96	71.09	67.67
	% Expansión (100(E'-E)/E)				2.52	2.39	1.79
Condicionado 24 horas a 60° C en agua.							
T''	Espesor mm(pulg)				67.2	67.4	68.2
B''	Peso Muestra sat.Sup.Seca.g				1242.4	1243.6	1241.2
C''	Peso en Agua.g				712.6	713.6	715.6
E''	Volumen (B'-C'),cc				529.8	530	525.6
J''	Volumen de Agua Abs.(B''-A''),cc				29.1	22.2	22.6
	% Saturación (100 J''/I)				78.31	58.67	62.17
	% Expansión (100(E''-E)/E)				2.04	1.32	0.98
P'	Estabilidad (Lb)				1401.6	1461.3	1476.7

Cuadro 36: Resultados del Ensayo Estabilidad Marshall, sin inmersión.

MUESTRA	MUESTRA	ESTABILIDAD (Kg)	FACTOR CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)
BRIQUETAS SIN INMERSIÓN	1	734.15	1.00	732.04
	2	724.39	0.99	717.88
	3	746.26	0.99	739.8
PROMEDIO				729.91

Cuadro 37: Resultados del Ensayo Estabilidad Marshall, con inmersión.

MUESTRA	MUESTRA	ESTABILIDAD (Kg)	FACTOR CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)
BRIQUETAS CON INMERSIÓN	1	635.76	0.99	628.11
	2	662.84	0.97	646.14
	3	669.83	0.98	658.82
PROMEDIO				644.36

En el cuadro 36 se muestra, los resultados obtenidos de estabilidad de las probetas sin inmersión y a la vez en el cuadro 37 se muestra los resultados de estabilidad de las probetas sin inmersión realizadas con el equipo Marshall siguiendo los procedimientos indicados por la norma ASTM 4867 M.

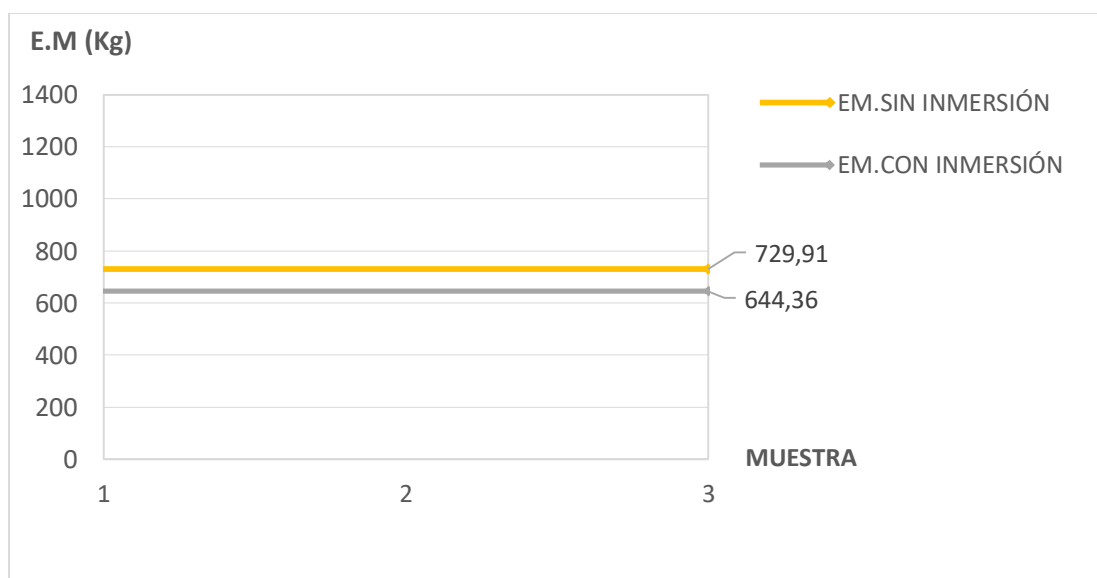


Figura 18: Estabilidad Marshall Retenida.

Se observa en la figura 18, el valor obtenido de promedio de estabilidad es 729.91 Kg probetas sin inmersión, siendo mayor al promedio de la estabilidad de 644.36 Kg de las muestras condicionadas con humedad; realizadas las probetas con un óptimo de 5.92 % de cemento asfáltico.

Formula indicada para el cálculo:

Para el cálculo de Estabilidad Marshall retenida se obtiene de la relacion del promedio de estabilidad de probetas sin inmersión y muestras condicionadas con Inmesion

$$EMR = \frac{\text{Estab. prom. sin inmersión}}{\text{Estab. prom con inmersión}} \times 100$$

$$EMR = \frac{644.36}{729.91} \times 100 = 88.28\%$$

IV. DISCUSIÓN

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la humedad en la estabilidad de las mezclas asfálticas en caliente, la investigación busca evaluar si este mecanismo afecta la estabilidad de la mezcla asfáltica. Para ello se realizó el Ensayo de estabilidad Marshall retenida.

Según muestra los resultados en el ensayo realizado la estabilidad retenida Marshall se vio reducida a 88.28% la estabilidad en relación de las probetas con inmersión y sin inmersión, por lo cual aceptamos la hipótesis planteada, donde establece que la humedad afecta la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.

Ahora si comparamos los resultados de con la investigación de Garcés (2016), denominada Evaluación del daño por humedad en tres mezclas asfálticas producidas en la región donde planteo implantar nuevos requerimientos a las mezclas realizadas en pruebas de desempeño tomando en cuenta las distintas zonas de la región. Se llevaron a cabo ensayos convencionales como de tracción indirecta, estabilidad Marshall y pruebas dinámicas con equipo NAT, en especímenes de mezclas asfálticas de la zona de la sierra y producidas con agregados de diferentes canteras. Teniendo como resultado estabilidad retenida únicamente la planta C, se presenta un valor menor a 80%, según el requerimiento de la norma, partir de la comparación en nuestro estudio se obtuvo el valor de 88.28%, cumpliendo con el requerimiento de la norma ASTM 4867M que establece un porcentaje mínimo de 80%.

También Hidalgo y Riera (2016), en su tesis “Estudios del daño por humedad en mezclas asfálticas empleando diferentes métodos”, determinó el daño en agua efectuando se realizó el ensayo de estabilidad Marshall, a las mezclas asfálticas densas realizadas en cinco plantas de la región Costa del Ecuador. Para realizarse el ensayo de estabilidad Marshall para determinar los efectos del agua, se tuvo presente, procedimientos parecidos al ensayo tracción indirecta (ASTM 4867M) para la fabricación e inmersión de las briquetas. Se concluye que los resultados obtenidos son de mucho interés y muy particulares para cada planta. Aunque el valor mínimo alcanzado lo obtuvo la planta E con 58% y el máximo valor presenta la planta A, casi cercano con el 100% retenido. Finalmente comparando con nuestro estudio se obtuvo el valor de 88.28%, cumpliendo con el requerimiento de la norma ASTM 4867M.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados gruesos de la cantera San Bernardo obteniendo los siguientes resultados: porcentaje de absorción de 0.98 %, porcentaje de partículas chatas y alargadas es 9.10 % considerando el material óptimo para su adherencia, porcentaje con una cara fracturada de 86.0 %, para más de una cara fracturada de 79.3 %, sales solubles obteniendo 0.12, ya que cumplen con los parámetros que establece la norma.
- Se realizó el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos de la cantera San Bernardo obteniendo los siguientes resultados: con un porcentaje de absorción de 0.43 %, porcentaje de equivalente de arena siendo el valor de 82%, sales solubles obteniendo 0.15%, porcentaje de angularidad de 45.17%, índice de plasticidad del cual no presenta límite líquido ni plástico, ya que cumplen con los requerimientos que establece la norma.
- Se preparó la mezcla asfáltica en base a un Diseño teórico utilizando el Método del Instituto del Asfalto, al cual arrojó un porcentaje de cemento asfáltico de 5.8%, por lo que, para la preparación de las probetas a ser utilizadas en la determinación del porcentaje óptimo de Diseño mediante el Método de Marshall, se prepararon muestras de mezcla asfáltica convencional con porcentajes de 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 y 7.0 de cemento asfáltico. Siguiendo lo establecidos por la norma MTC E-504, se prepararon tres probetas con cada uno de los porcentajes antes indicados, los que fueron compactados con 75 golpes en cada cara, considerando tráfico pesado. Los resultados del ensayo de Marshall, fueron graficados de acuerdo a lo establecidos, y a partir de la gráfica Estabilidad versus Porcentaje de vacíos, se determinó el porcentaje óptimo de cemento asfáltico, para un porcentaje de vacíos de 4%, del mismo modo, se hicieron los gráficos correspondientes a relación de estabilidad vs % C.A, flujo vs % C.A, peso específico vs % C.A, Vacíos llenos de agregados mineral vs % C.A, Porcentaje de Volumen lleno de Asfalto vs % C.A obteniendo los valores siguientes: Estab=1363.00 Kg, F=3.64 mm, Pe = 2.3053 Kg/m³ , VMA =16.70% , VFA = 76.21 %..

- Al realizar la prueba de estabilidad Retenida Marshall para evaluar el daño en agua se ha considerado un procedimiento similar al de tracción indirecta (ASTM 4867 M), para la preparación e inmersión de las briquetas. El valor promedio de estabilidad de las probetas con inmersión es de 644.36 Kg, mientras que el promedio de estabilidad de las muestras sin inmersión se obtuvo el valor de 729.91 Kg, en relación del promedio de la estabilidad de las probetas con inmersión y de las briquetas sin inmersión, se ha obtenido 88.28% respecto a la estabilidad sin inmersión; cumpliendo con el requerimiento mínimo de 80% que indica la norma ASTM 4867M.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar el agregado grueso y agregado fino para el Diseño de mezclas asfálticas, para garantizar que cumplen con los requerimientos establecidos por el Manual de Carreteras y seguir el procedimiento del Manual de Ensayos de materiales.
- Se recomienda en el proceso de realización en la preparación de las briquetas se debe tener mayor control con la temperatura y con el número de golpes por su incidencia en el porcentaje de vacíos, parámetro principal que influye directamente en los resultados.
- Se recomienda continuar estudiando esta investigación, para lo cual se pide la implementación de equipos para realizar pruebas convencionales y de desempeño como: tracción indirecta, ensayo de ebullición (ASTM D 3625), ensayo estático de inmersión (AASHTO T182), Lottman modificado (AASHTO T283), Rueda de Hamburgo (AASHTO T 324), estos tipos de análisis se utilizan para evaluar la susceptibilidad al daño por humedad en las mezclas asfálticas.

REFERENCIAS

- ADAME, Rey, LIMÓN, Pedro, SANDOVAL, Israel y CREMADES, Ignacio. Análisis de la susceptibilidad a la humedad de varios tipos de mezclas asfálticas mediante el módulo dinámico. [en línea]. Bogota.2009[fecha de consulta: 20 de mayo del 2019].

Disponible en:

[http://www.amaac.org.mx/archivos/3 analisis de la susceptibilidad a la humedad de varios tipos de mezclas roah.pdf](http://www.amaac.org.mx/archivos/3_analisis_de_la_susceptibilidad_a_la_humedad_de_varios_tipos_de_mezclas_roah.pdf)

- AGUILAR, José. Caracterización del daño por humedad en Mezclas Asfálticas. Revista Especializada en Ingeniería de Pavimentos. [en línea]. Costa Rica.,2014[fecha de consulta: 10 de octubre del 2018].

Disponible en:

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/560/2014%20CARACTERIZACIÓN%20DEL%20DAÑO%20POR%20HUMEDAD%20EN%20M>

- AASHTO T 283 RESISTANCE OF COMPACTED ASPHALT MIXTURES TO MOISTURE-INDUCED DAMAGE

Disponible en: https://www.in.gov/indot/div/mt/aashto/testmethods/aashto_t283.pdf

- CAGRI, Gorkem y SENGOZ, Burak. Predicting stripping and moisture induced damage of asphalt concrete prepared with polymer modified bitumen and hydrated lime. [en línea]. Bogota.2009[fecha de consulta: 20 de mayo del 2019].

Disponible en:

<https://kundoc.com/pdf-predicting-stripping-and-moisture-induced-damage-of-asphalt-concrete-prepared-wi.html>

- CASTRO Pacheco, José y VERA Castillo Mílary. Influencia de las características de los agregados de las canteras del sector el Milagro - Huanchaco en un diseño de mezcla de concreto, Trujillo. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, 2015.142pp.
Disponible en: <http://hdl.handle.net/11537/11586>

- CHIQUITO Salcedo, Aurora y TORRES Borbor, Félix. Diseño de mezcla asfáltica en caliente empleando los agregados de la cantera San Vicente de Colonche y del rio San Rafael de la provincia de Santa Elena utilizando el método Marshall. Tesis (Ingeniero Civil). La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2015.168pp.
Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2267>

- CORREDOR, Gustavo. Apuntes de Pavimentos vol. 2 Mezclas Asfálticas, materiales y diseño [en línea]. Caracas. Universidad Santa María y Universidad Católica Andrés Bello, 2005.279pp. [fecha de consulta: 15 de octubre de 2018].
Disponible en:
<https://es.scribd.com/doc/39839586/Apuntes-Pavimentos-Volumen-2-Abril-2008>

- FIGUEROA Infante, Ana. Investigación sobre el efecto del agua en el asfalto y su impacto en la mezcla asfáltica. Tesis (Doctora en Ingeniería). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, 2015.276pp.
Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/33624>

- GARCÉS Andrade, Dennis. Evaluación del daño por humedad en tres mezclas asfálticas producidas en la región sierra. Tesis (Ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Ingeniería, 2016.120pp.
Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6650>

- GARNICA, Paul, DELGADO, Horacio, GÓMEZ, José y ALARCÓN, Humberto. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. [en línea]. Mexico,2004[fecha de consulta: 10 de noviembre del 2019].

Disponible en:

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt246.pdf>

- GORKEM, Cagri y SENGOZ, Burak. (2009). Predicting Stripping and Moisture Induced Damage of Asphalt Concrete Prepared with Polymer Modified Bitumen and Hydrated Lime. *Construction and Building Materials*, 23, 2227-2236. [en línea]. Turquía, 2009 [fecha de consulta: 10 de noviembre del 2019].

Disponible en:

[http://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1811395](http://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1811395)

- HERBERT, Lauro. Diseño de mezcla asfáltica, [en línea]. México: Universidad Autónoma de Yucatán, 2005 [fecha de consulta: 19 de noviembre de 2018].

Disponible en:

<https://vdocuments.site/download/disenodemezclassumssfacultaddecienciasytecnologia>

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 6ta ed. México, D.F. Mc Graw Hill Education, 2014. 154 pp.

ISBN: 9781456223960

- HIDALGO Flores, Alberto y RIERA Cedeño, Joffre. Estudio del daño por humedad en mezclas asfálticas empleando diferentes métodos. Tesis (Ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Ingeniería, 2016. 167pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5373>

- LORÍA, Luis. Análisis del efecto del agua atrapada en mezclas asfálticas en caliente. [en línea]. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 2006. 24pp. [fecha de consulta: 10 de octubre de 2018].

Disponible en: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/433>.

- MINISTERIO de Infraestructura Fundación Laboratorio Nacional de Viabilidad Fundalana Vial. Versión 2- Manual Visualizado. Método de Ensayo para determinar el efecto del agua en mezclas de concreto asfáltico (Estabilidad Retenida). 2003 pág. 7. [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2018].
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/394767027/MVA-28-Estabilidad-Retenida-ASTM-D-4867-pdf>

- MERIZALDE Andrade, Christopher. Evaluación del daño por humedad en mezclas asfálticas finas mediante pruebas triaxiales y de corte directo. Tesis (Ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Ingeniería, 2016.84pp.
Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9154>

- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. (Perú). Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.EG-213 Lima: 2013. pág. 1274. [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2018].
Disponible en:
http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 111 (Perú). Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016. 72 pp.

- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 114 (Perú). Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016. 91 pp.

- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 201 (Perú). Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016. 292 pp.

- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 204 (Perú). Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016. 303 pp.

- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 205 (Perú). Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.309 pp.

- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 206 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016. 312 pp.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 207 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.315 pp.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 209 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.329 PP.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 210 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.337 pp.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 219 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.378 pp.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 220 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.380 pp.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 222 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.389 pp.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 504 (Perú).
Manual de ensayo de materiales. MTC. Lima: 2016.683 pp.
- MINISTERIO de Economía y Finanzas (Perú). Sistema de gestión, presupuestal clasificador de gastos. [en línea]. Lima: MEF, 2017. 27 pp. [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2018].

Disponible en:

https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/anexos/Anexo_2_Gastos_RD026_2_017EF5001.pdf

- MIRANDA, Fabiola; AGUIAR, José y LORÍA, Luis. Daño por humedad en mezclas asfálticas. Chile. Universidad de Costa Rica.2017.135pp.
Disponible en:<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/977>

- MORENO, Marcelo (2011). Efecto de la presencia de humedad en el comportamiento de mezclas asfálticas sometidas a ensayo de rueda de carga (NORMA NLT-173/84).Tesis (Ingeniero Civil).. Chile. Universidad de Chile .2011.140pp.
Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104228>

- KRAEMER, Carlos y DEL VAL, Miguel. Firmes y Pavimentos. Madrid. Servicio de Publicaciones, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.
ISBN: 8474931517

- Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Cap.4, pág. 61 del Asphalt Institute MS-22 [en línea]. Lima: Cep E.L, Inc. 2016[fecha de consulta: 28 de octubre del 2018].
Disponible en:
http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_130_181_83_1181.pdf

- REYES, Alberto. Diseño Racional de Pavimentos [en línea]. Lima: Cep E.L, Inc., 2016[fecha de consulta: 25 de octubre del 2018].
Disponible en: <http://myslide.es/documents/disenio-racional-de-pavimentos-fredy-alberto-reyes-lizcano.html>
ISBN: 9789587711752

- RODRÍGUEZ, Alejandro. Deformaciones plásticas en las capas de rodaduras en pavimentos asfálticos [en línea]. 2007[fecha de consulta: 28 de octubre del 2018].
Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-15.pdf?sequenc>

- RONDÓN, Hugo, RUGE, Juan, MORENO, Luis. Efecto del agua sobre el asfalto y su posible influencia en el daño por humedad en una mezcla asfáltica porosa. Revista Chilena Ingeniare vol.24 N°4,201622 [en línea]. Chile,2016. [fecha de consulta: 10 de mayo del 2019].
Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052016000400003
ISSN: 0718-3305

- TAFUR Miranda, David. Evaluación de la influencia de la granulometría en el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería, 2014.221pp.
Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/505>

- TAMAYO, Jorge, GUTIERREZ, Carlos y CABRERA, Jorge. (Estudio de la Degradación de los Agregados Pétreos durante la Vida Útil de los Pavimentos. Revista Colombiana Ingeniería e Investigación... [en línea]. Bogota.1983
Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingainv/article/view/28822>
ISSN: 2248-8723

- TERÁN Molina, Luis. Diseño de mezclas asfálticas en caliente utilizando agregados de la mina Cashapamba con metodología Marshall. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Facultad de Ingeniería Civil, 2015.165pp.
Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2208>

- VARGAS, Adriana, LEIVA, Fabricio, AGUIAR, José y LORÍA Luis. Evaluación del daño por humedad en mezclas asfálticas mediante el ensayo de módulo dinámico. [en línea]. Costa Rica .2009[fecha de consulta: 10 de mayo del 2019].
Disponible en:
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/622/Evaluación%20del%20daño%20por%20humedad%20en%20mezclas%20asfálticas%20mediante%20el%20ensayo%20de%20módulo%20dinámico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
ISBN 978-950-630-031-9

- VELASQUEZ, Raúl, MORAES, Raquel y BAHIA, Hussain. Measuring the Effect of Moisture on Asphalt-Aggregate Bond with the Bitumen Bond Strength Test. 22 [en línea]. Washington, D. C..2011[fecha de consulta: 10 de mayo del 2019].

Disponible en:

https://uwmarc.wisc.edu/files/bbs/TRB_2011_BBS_Moraes_Velasquez_Bahia.pdf

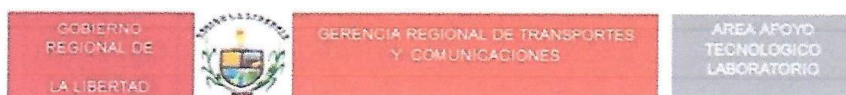
ANEXOS

Validación de los Instrumentos

Anexo 1: Ficha técnica: Ensayos

FICHA TÉCNICA: ENSAYOS				
Nombre de la Investigación:	Efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo 2019.			
Autor:	Alvarado León, Carlos Edgardo			
Objetivo:	Evaluar el efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente producida por agregados de la cantera San Bernardo.			
ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	OBSERVACIÓN
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 204		
Abrasión los ángeles	MTC E 207	40% máx		
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx		
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50		
Peso específico y Absorción	MTC E 206	1.0% máx		
Equivalente de arena	MTC E 114	70		
índice de plasticidad (N°malla 40)	MTC E 111	NP		
índice de plasticidad (N°malla 200)	MTC E 111	4 máx		
Gravedad específica y Absorción	MTC E 205	0.5 % máx		
índice de durabilidad	MTC E 209		
Ensayo de estabilidad y flujo	MTC E 504			
Análisis de densidad y vacíos	MTC E 504			
Resistencia a la compresión	MTC E 504			
Contenido de asfalto	MTC E 504			
Resistencia retenida % (mín.)	MTC E 504			
Gravedad específica Bulk	MTC E 504			
Estabilidad Retenida	ASTM D4867	1 horas		
Precio:			Fecha:	

Anexo 2: Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso y Fino



TESIS:	EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO
UBICACIÓN:	EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO
SOLICITANTE:	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEON
CANTERA:	SAN BERNARDO
FECHA:	15/05/2019

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION
DEL AGREGADO GRUESO
MTC E 206 / ASTM C 127 / AASHTO T 85**

Identificación			
A	Peso mat. Seco en estufa	gr.	1982.38
B	Peso mat. sat. superf. seco (sss)	gr.	2001.73
C	Peso mat. sat. superf. seco sumergido	gr.	1257.75
Cálculos			
	* Peso Espec. Bulk (base seca) A/B-C	gr/cm ³	2.66
	**Peso Espec. Bulk (base sat.) B/B-C	gr/cm ³	2.69
	Peso Espec. Aparente (base seca) A/A-C	gr/cm ³	2.74
	% de Absorción ((B-A)/A) x 100	%	0.98

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION
DEL AGREGADO FINO
MTC E 205 / ASTM C 128 / AASHTO T 84**

Datos			
A	Peso en el aire muestra seca	gr.	398.29
B	Peso picnometro aforado lleno de agua	gr.	631.38
C	Peso total picnometro aforado+muestra+agua	gr.	875.29
S	Peso muestra saturada sup. seca	gr.	400.00
Cálculos:			
	*Peso Especifico Bulk. (base seca) A/B+S-C	gr/cm ³	2.55
	**Peso Especifico Bulk s.s.s (base sat.) S/B+S-C	gr/cm ³	2.56
	Peso Especifico Aparente A/B+A-C	gr/cm ³	2.58
	Porcentaje de Absorción (S-A)/A)x100	%	0.43

* DISEÑO M.A
**DISEÑO M.C
CCG-/14

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
APOYO TECNOLÓGICO - LABORATORIO
Carlos Camino Carcos
Ing. Carlos Camino Carcos
JEFE

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Anexo 3: Ensayo Porcentaje de Caras Fracturadas



Tesis : **EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO**
 Solicita: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN

DETERMINACION DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS
 NORMA MTC E 210 / ASTM D-5821

CERTIFICADO N° : s/n MUESTRA : 1
 REALIZADO POR : MATERIAL : Piedra para Asfalto
 FECHA MUESTREO: 15/05/2019 CANTERA : San Bernardo
 FECHA ENSAYO : 15/05/2019 UBICACIÓN : El Milagro

A.- CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	(%)	C*D
1-1/2"	1"					
1"	3/4"	421.10	357.61	84.92	28.1	2384.1
3/4"	1/2"	748.31	657.50	87.86	49.9	4383.3
1/2"	3/8"	330.60	274.42	83.01	22.0	1829.5
TOTAL		1500.01	1289.53	170.87	100.0	8596.8
% CON UNA CARA FRACTURADA = $\Sigma E / \Sigma D =$				86.0	%	

B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	((B/A)*100)	(%)	C*D
1-1/2"	1"	0.0				
1"	3/4"	421.10	317.32	75.36	28.1	2115.5
3/4"	1/2"	748.31	631.35	84.37	49.9	4209.0
1/2"	3/8"	330.60	240.43	72.73	22.0	1602.9
TOTAL		1500.01	1189.10		71.9	7927.3
% CON MAS DE UNA CARA FRACTURADA = $\Sigma E / \Sigma D =$				79.3	%	

Observaciones:

Ing. Camino

Gobierno Regional La Libertad
 Gerencia Regional de Transportes y Comunicaciones
 Apoyo Tecnológico Laboratorio

 Ing. Carlos Camino Garces
 JEFE

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Anexo 4: Ensayo Partículas Chatas y Alargadas



TESIS:
EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS
 NORMA MTC E 223 / ASTM D-4791

SOLICITA : CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN MUESTRA : N° 1
 MATERIAL : Piedra para Asfalto
 FECHA MUESTREO: 15/05/2019 CANTERA : San Bernardo
 FECHA ENSAYO : 15/05/2019 UBICACIÓN: El Milagro- Trujillo

Gradacion original

Tamiz (pulg.)	Abertura (mm)	Peso (g)	Retiene (%)	Pasa (%)
1"	25.40			100.005
3/4"	19.05	841.15	25.57	74.43
1/2"	12.70	1574.85	47.86	26.57
3/8"	8.75	874.20	26.57	0.00
Total		3290.20	100.00	

A.- PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A (g)	B (g)	C ((B/A)*100)	D (%)	E (C*D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1 "	3/4"	841.15	82.15	9.77	25.57	249.68
3/4"	1/2"	1574.85	165.15	10.49	47.86	501.95
1/2"	3/8"	874.20	52.05	5.95	26.57	158.20
TOTAL		3290.20	299.35		100.00	909.82
% PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS = $\sum E / \sum D =$				9.10	%	

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 APOYO TECNOLÓGICO - LABORATORIO

 Ing. Carlos Castillo Garces

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Anexo 5: Ensayo Equivalente de Arena



ENSAYO : EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 / ASTM D-2419

TESIS :	EFEECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO"- TRUJILLO			
SOLICITANTE:	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEON			
UBICACIÓN:	REGION LA LIBERTAD			
CANTERA:	SAN BERNARDO	MATERIAL : ARENA	FECHA :	may-19

Nº	DESCRIPCION		Nº DE MUESTRAS			
			M 1	M 2	M 3	M 4
1	Hora de entrada de saturación		12.08	12.13	12.17	12.3
2	Hora de salida de saturación	(1+10')	12.18	12.23	12.27	12.4
3	Hora de entrada proceso de decantacion		12.21	12.26	12.29	12.44
4	Hora de salida de decantación	(3+20')	12.41	12.46	12.49	1.04
5	Altura de material fino (1)		5.5	5.1	5.3	4.8
6	Altura de material grueso (2)	(6/5)	4.1	4.3	4.4	4.2
7	EQUIV. DE ARENA		75	84	83	88
8	% PROMEDIO EQUIVALENTE DE ARENA :		82			

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 APOYO TECNOLÓGICO LABORATORIO

 Ing. Carlos Camino Caroes
 J.E.E.

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Anexo 6: Ensayo Contenido de Sales Solubles



TESIS:	EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO	
SOLICITANTE	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEON	
UBICACIÓN	TRUJILLO -MILAGRO- REGION LA LIBERTAD	
MUESTRA	SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA	20/05/2019

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES
MTC E 219**

AGREGADO GRUESO	M - 1
A.- PESO MUESTRA SECA	500.00
B.- LIQUIDOS SOBRENADANTES MATRAZ AFORADO	500.00
C.- VOLUMEN ALICUOTA	80.00
D.- ALICUOTA CRISTALIZADA	0.09
% SALES SOLUBLES	0.12

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES
MTC E 219**

AGREGADO FINO	M - 2
A.- PESO MUESTRA SECA	100.00
B.- LIQUIDOS SOBRENADANTES MATRAZ AFORADO	500.00
C.- VOLUMEN ALICUOTA	50.00
D.- ALICUOTA CRISTALIZADA	0.02
% SALES SOLUBLES	0.15

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 APOYO TECNOLÓGICO LABORATORIO

 Ing. Carlos Camino Garces

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Anexo 7: Angularidad del Agregado Fino



TESIS:	EFEECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO		
SOLICITANTE	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEON		
UBICACIÓN	TRUJILLO -MILAGRO- REGION LA LIBERTAD		
MUESTRA	AGREGADO FINO		22/05/2019

ENSAYO : ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO
MTC E 222 / ASTM C 127 / AASHTO T 85

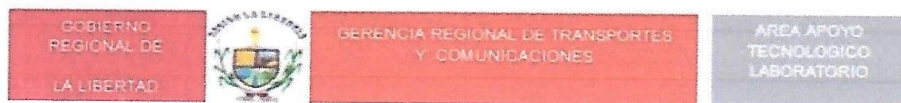
Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3.000	>3.000
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40

Angularidad del Agregado Fino					
DATOS		UND	M1	M2	M3
V	Volumen del cilindro	cm ³	109.77	109.77	109.77
Geb	Gravedad especifica bruta	gr/cm ³	2.39	2.48	2.43
W	Peso de la muestra que llena el cilindro	gr	147.25	145.43	146.57
A°	$V_v - (W/Geb)/V * 100$	%	43.87	46.58	45.05
% Promedio de angularidad del agregado fino		=	45.17		

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
APOYO TECNOLÓGICO - LABORATORIO
[Firma]
Ing. Carlos Cozimo Garcés
JEFE

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Anexo 8: Índice de Plasticidad (Malla N°40 y N°200)



TESIS:	EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO
UBICACIÓN :	EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO
SOLICITANTE :	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEON
CANTERA :	SAN BERNARDO
FECHA:	15/05/2019

**ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MALLA N° 40 Y N°200)
MTC E 111 -MTC 114**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2
Ensayos					
N° de golpes	3	4	3		
Código de tara	MF-1	MF-2	MF-3	MF-A	MF-B
Peso de tara + suelo húmedo (g)	20.45	22.32	22.36	13.34	14.54
Peso de tara + suelo seco (gr)	20.31	21.72	21.76	12.26	14.13
Peso de agua (gr)	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (gr)	10.73	10.34	10.62	10.76	10.54
Peso de suelo seco (gr)	9.58	11.38	11.14	1.5	3.59
Contenido de humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP
IP = LL - LP					
IP: índice plástico del material (%)	LL: Límite líquido del material obtenido (%)			LP: Límite plástico del material obtenido (%)	
	LL:	NP	LP:	NP	
		IP		NP	

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 APOYO TECNOLÓGICO - LABORATORIO

 Ing. Carlos Cayano Garcés
 J.P.F.

* DISEÑO M.A
 **DISEÑO M.C
 CCG/14

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Anexo 9: Analisis Granulométrico del Agregado Grueso y Fino



ANALISIS GRANULOMETRICO MTC E 204 / ASTM C - 136

TESIS:	EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO	
SOLICITANTE:	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN	
UBICACIÓN:	EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO	
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO Y FINO	Fecha:
CANTERA:	SAN BERNARDO - MILAGRO-TRUJILLO	may-2019

Peso seco inicial:	5000.00	Peso seco inicial:	500.00
Peso seco lavado		Peso seco lavado	
Peso perdido por lavado		Peso perdido por lavado	

TAMIZ		AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		
N°	ABERT. (mm.)	PESO (gr)	% RET. PARCIAL	% PASA	PESO (gr)	% RET. PARCIAL	% PASA
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	1220.30	24.41	75.59	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	1835.20	36.70	38.89	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	987.55	19.75	19.14	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	854.45	17.09	2.05	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	102.50	2.05	0.00	87.90	17.58	82.42
N° 40	0.420	0.0	0.00	0.00	213.70	42.74	39.68
N° 80	0.180	0.0	0.00	0.00	91.40	18.28	21.40
N° 200	0.074	0.0	0.00	0.00	67.70	13.54	7.86
PLATO		0.0	0.00	0.00	39.30	7.86	0.00
TOTAL		5000.00	100.00		500.00	100.00	

OBSERVACIONES
Especificaciones del MTC EG-2013

Gobierno Regional La Libertad
Gerencia Regional de Transportes y Comunicaciones
APOYO TECNOLÓGICO - LABORATORIO
Ing. Carlos Camino Garces
JEFE

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Anexo 10: Diseño de Mezclas Asfálticas



DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS

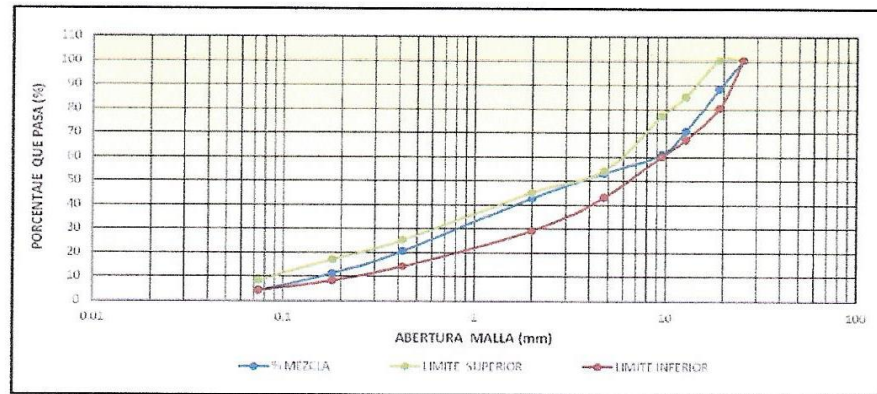
TESIS:	EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO	
SOLICITANTE:	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN	
UBICACIÓN:	EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO	
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO Y FINO	Fecha:
CANTERA:	SAN BERNARDO - MILAGRO-TRUJILLO	may-2019

RESUMEN DE ENSAYO

PROPORCIONES DE MEZCLAS DE AGREGADOS			
A. Grueso =	48.00%	A. Fino =	52.00%

GRANULOMETRÍA RESULTANTE						
TAMIZ	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	MEZCLA	MAC - 1		
N°	ABERT. (mm.)	% PASA	% PASA	% PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1"	25.400	48.00	52.00	100.00	100	100
3/4"	19.050	36.28	52.00	88.28	80	100
1/2"	12.700	18.67	52.00	70.67	67	85
3/8"	9.525	9.19	52.00	61.19	60	77
N° 4	4.750	0.98	52.00	52.98	43	54
N° 10	2.000	0.00	42.86	42.86	29	45
N° 40	0.420	0.00	20.63	20.63	14	25
N° 80	0.180	0.00	11.13	11.13	8	17
N° 200	0.075	0.00	4.09	4.09	4	8

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES
Especificaciones del MTC EG-2013

REGION LA LIBERTAD
GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
APOYO TECNOLOGICO - LABORATORIO
Ing. Carlos Camino Garces
JEFE

Fuente: Laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Anexo 11: Diseño de mezcla asfáltica convencional 5.0 % C.A

ENSAYO MARSHALL
MTC E 504 / ASTM D 1559 / AASTHO T245

TESIS: EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO
RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN **MUESTRA:** AGREGADOS Y C.A
CANTERA: SAN BERNARDO **FECHA:** 26/06/2019
UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO **C.A:** PEN 60/70
% C.A : 5.00%

ITEM	Nº DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%	5.00			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	45.60			
3	% AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	49.40			
4	% DE FILLER (MINIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO. - APARENTE	gr/cm ³	1.02			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO GRUESO	gr/cm ³	2.665			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO FINO	gr/cm ³	2.552			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE - FILLER	gr/cm ³	1.890			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	6.80	6.60	6.50	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1179.6	1171.4	1161.7	
11	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1185.1	1180.2	1168.7	
12	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE EN AGUA	gr	667.8	667.8	655.8	
13	VOLUMEN DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	cm ³	517.3	512.4	512.9	
14	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	gr	5.5	8.8	7.0	
15	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (10/13)	gr/cm ³	2.280	2.286	2.265	2.277
16	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.411	2.411	2.412	
17	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	1.063	1.717	1.365	
18	PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100)	%	5.43	5.185	6.056	5.6
19	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³	2.605			
20	V.M.A = 100 - (2+3+4)*15/19	%	16.8	16.6	17.4	17.0
21	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100	%	67.8	68.8	65.2	67.2
22	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5)	gr/cm ³	2.597			
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19))	%	-0.11			
24	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%	5.00			
25	FLUJO	m.m.	3.26	3.17	3.30	3.24
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1235	1217	1233	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.99	1.01	1.01	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA = (26*27)	Kg	1228	1231	1245	1234
29	RELACION ESTABILIDAD / FLUJO = (41/38)* 10	Kg/cm	3767	3882	3772	3807

OBSERVACIONES :



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Anexo 12: Diseño de mezcla asfáltica convencional 5.50 % C.A

ENSAYO MARSHALL
MTC E 504 / ASTM D 1559 / AASTHO T245

TESIS EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO
RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN
CANTERA: SAN BERNARDO
UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO
MUESTRA AGREGADOS Y C.A
FECHA: 26/06/2019
C.A: PEN 60/70
% C.A : 5.50%

ITEM	Nº DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%	5.50			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	45.36			
3	% AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	49.14			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	gr/cm ³	1.02			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO GRUESO	gr/cm ³	2.665			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO FINO	gr/cm ³	2.552			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE - FILLER	gr/cm ³	1.890			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	6.5	6.5	6.5	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1172.1	1181.5	1187.9	
11	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1184.8	1187.9	1194.8	
12	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE EN AGUA	gr	661.1	674.8	694.7	
13	VOLUMEN DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	cm ³	523.7	513.1	500.1	
14	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	gr	12.7	6.4	6.9	
15	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (10 /13)	gr/cm ³	2.238	2.303	2.375	2.305
16	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.410	2.409	2.409	
17	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	2.425	1.247	1.380	
18	PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100)	%	7.14	4.440	1.452	4.34
19	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³	2.605			
20	V.M.A = 100 - (2+3+4)*15/19	%	18.8	16.4	13.8	16.4
21	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100	%	62.0	73.0	89.5	74.8
22	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5)	gr/cm ³	2.616			
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19))	%	0.18			
24	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%	5.50			
25	FLUJO	m.m.	3.41	3.53	3.35	3.43
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1295	1356	1323	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.97	1.01	1.05	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1260	1368	1394	1341
29	RELACION ESTABILIDAD / FLUJO = (41/38)* 10	Kg/cm	3694	3875	4162	3910
OBSERVACIONES :						




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

Anexo 13: Diseño de mezcla asfáltica convencional 6.0 % C.A

ENSAYO MARSHALL
MTC E 504 / ASTM D 1559 / AASTHO T245

TEST: EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO
RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN
CANTERA: SAN BERNARDO
UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO
MUESTRA: AGREGADOS Y C.A
FECHA: 26/06/2019
C.A: PEN 60/70
% C.A: 6.00%

ITEM	Nº DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%	6.00			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	45.12			
3	% AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	48.88			
4	% DE FILLER (MINIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO.ASFÁLTICO. - APARENTE	gr/cm ³	1.02			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO GRUESO	gr/cm ³	2.665			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO FINO	gr/cm ³	2.552			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE - FILLER	gr/cm ³	1.890			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	6.50	6.7	6.4	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1210.4	1213.4	1197.1	
11	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1214.9	1219.6	1203.3	
12	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE EN AGUA	gr	689.8	691.1	687.1	
13	VOLUMEN DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	cm ³	525.1	528.5	516.2	
14	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	gr	4.5	6.2	6.2	
15	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (10 /13)	gr/cm ³	2.305	2.296	2.319	2.307
16	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.402	2.402	2.402	
17	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	0.857	1.173	1.201	
18	PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100)	%	4.04	4.413	3.455	4.0
19	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³	2.605			
20	V.M.A = 100 - (2+3+4)*15/19	%	16.8	17.1	16.3	16.8
21	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100	%	76.0	74.3	78.8	76.3
22	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5)	gr/cm ³	2.629			
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19))	%	0.37			
24	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%	6.00			
25	FLUJO	m.m.	3.73	3.67	3.75	3.72
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1410	1385	1405	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.97	0.96	1.00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1365	1325	1402	1364
29	RELACION ESTABILIDAD / FLUJO = (41/38)* 10	Kg/cm	3660	3610	3740	3670

OBSERVACIONES :



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

Anexo 14: Diseño de mezcla asfáltica convencional 6.50 % C.A

ENSAYO MARSHALL	
MTC E 504 / ASTM D 1559 / AASTHO T245	
TESIS: EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO	
RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN CANTERA: SAN BERNARDO UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO	MUESTRA AGREGADOS Y C.A. FECHA: 26/06/2019 C.A.: PEN 60/70 % C.A.: 6.50%

ITEM	Nº DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%	6.50			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	44.88			
3	% AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	48.62			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO. - APARENTE	gr/cm ³	1.02			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO GRUESO	gr/cm ³	2.665			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO FINO	gr/cm ³	2.552			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE - FILLER	gr/cm ³	1.890			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	6.90	6.5	6.5	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1181.1	1197.3	1159.6	
11	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1185.1	1199.1	1161.5	
12	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE EN AGUA	gr	669.9	679.8	659.2	
13	VOLUMEN DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	cm ³	515.2	519.3	502.3	
14	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	gr	4.0	1.8	1.9	
15	PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 /13)	gr/cm ³	2.293	2.306	2.309	2.303
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.389	2.388	2.388	
17	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.776	0.347	0.378	
18	PORCENTAJE DE VACÍOS = (16-15/16*100)	%	4.02	3.474	3.349	3.6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³	2.605			
20	V.M.A = 100 - (2+3+4)*15/19	%	17.7	17.2	17.1	17.3
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100	%	77.3	79.8	80.4	79.2
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5)	gr/cm ³	2.634			
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19))	%	0.43			
24	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	%	6.50			
25	FLUJO	m.m.	3.82	3.76	3.92	3.83
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1410	1435	1005	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	0.99	1.05	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1412	1417	1051	1294
29	RELACION ESTABILIDAD / FLUJO = (41/38)* 10	Kg/cm	3697	3769	2682	3383
OBSERVACIONES :						




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

Anexo 15: Diseño de mezcla asfáltica convencional 7.0 % C.A

ENSAYO MARSHALL
MTC E 504 / ASTM D 1559 / AASTHO T245

TESIS: EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO
RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN
CANTERA: SAN BERNARDO
UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO
MUESTRA: AGREGADOS Y C.A
FECHA: 26/06/2019
C.A: PEN 60/70
% C.A: 7.00%

ITEM	Nº DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%	7.00			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	44.64			
3	% AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	%	48.36			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA LA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	gr/cm ³	1.02			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO GRUESO	gr/cm ³	2.665			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO AGREGADO FINO	gr/cm ³	2.552			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE - FILLER	gr/cm ³	1.890			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	6.90	6.4	6.8	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1181.3	1171.6	1221.8	
11	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1184.9	1173.7	1223.0	
12	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE EN AGUA	gr	678.6	661.9	692.2	
13	VOLUMEN DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	cm ³	506.3	511.8	530.8	
14	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	gr	3.6	2.1	1.2	
15	PESO ESPECÍFICO BULK BRIQUETA (10 /13)	gr/cm ³	2.333	2.289	2.302	2.308
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.382	2.381	2.382	
17	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.711	0.410	0.226	
18	PORCENTAJE DE VACÍOS = (16-15/16*100)	%	2.06	3.904	3.359	3.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³	2.605			
20	V.M.A = 100 - (2+3+4)*15/19	%	16.7	18.3	17.8	17.6
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100	%	87.7	78.6	81.1	82.5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5)	gr/cm ³	2.647			
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19))	%	0.62			
24	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	%	7.00			
25	FLUJO	m.m.	3.92	3.95	3.99	3.95
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1150	1177	1163	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.03	1.01	0.95	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1187	1193	1104	1161
29	RELACION ESTABILIDAD / FLUJO = (41/38)* 10	Kg/cm	3028	3019	2766	2938
OBSERVACIONES :						

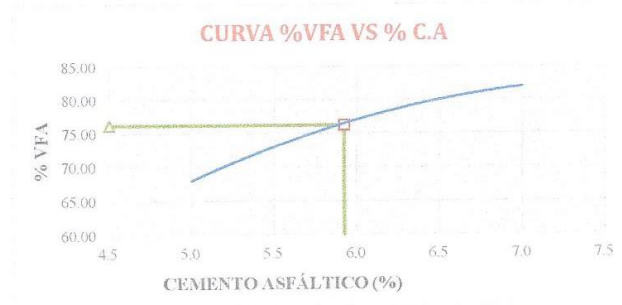
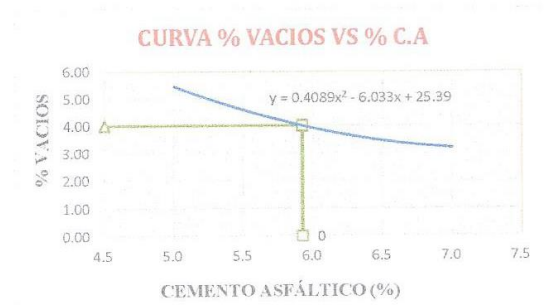
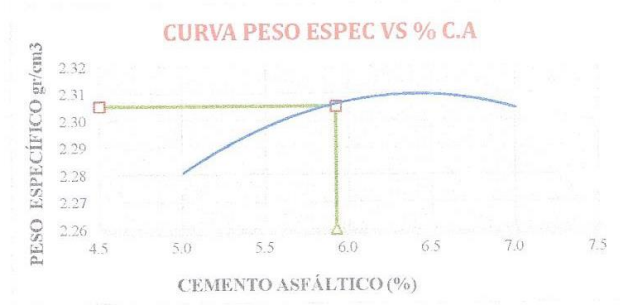
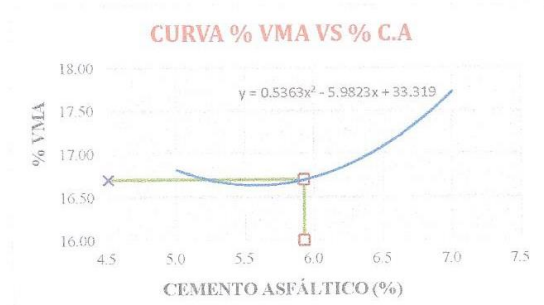
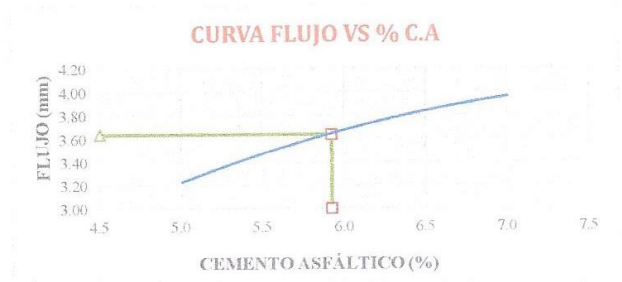
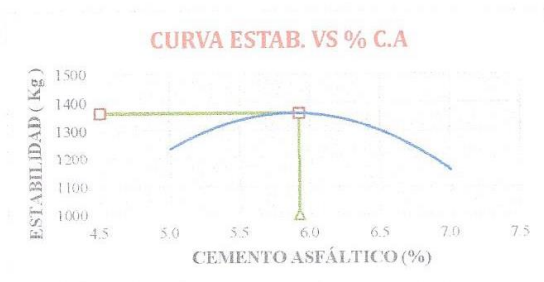


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Anexo 16: Gráficas del Ensayo Marshall

ENSAYO MARSHALL	
MTC E 504 / ASTM D 1559 / AASTHO T245	
TESIS: EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO	
RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN CANTERA: SAN BERNARDO UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO	MUESTRA: AGREGADOS Y C.A FECHA: 26/06/2019 C.A: PEN 60/70

GRAFICO DEL ENSAYO DE MARSHALL



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

Anexo 17: Resultados Ensayo Marshall

ENSAYO MARSHALL	
MTC E 504 / ASTM D 1559 / AASTHO T245	
TESIS:	EFEECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA SAN BERNARDO* - TRUJILLO
RESPONSABLE:	CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN
CANTERA:	SAN BERNARDO
UBICACIÓN:	EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO
MUESTRA:	AGREGADOS Y C.A
FECHA:	26/06/2019
C.A:	PEN 60/70

RESUMEN DE RESULTADOS							
% CA	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO (mm)	RELAC ESTAB/FLUJO (Kg/mm)	PESO ESPEC.	% VACIOS	% VFA	% VMA
5.0	1234	3.24	380.6	2.28	5.56	67.25	16.95
5.5	1341	3.43	390.85	2.31	4.34	74.84	16.36
6.0	1364	3.72	367.03	2.31	3.97	76.35	16.75
6.5	1294	3.83	337.46	2.30	3.61	79.18	17.34
7.0	1161	3.95	293.7	2.31	3.11	82.48	17.59

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA	ESPECIFICACION MTC E 504	RESULTADO	Condicion de diseño
Optimo contenido de % C.A		5.92	
Estabilidad minima (Kg)	850	1393.00	Cumple
Flujo (0.01" 0.25 mm)	8-16 (2.032-4.064)	3.64	Cumple
Porcentaje de Vacios	3-5	4	Cumple
Porcentaje de Vacios del agregado Mineral (% VMA)	16 mm	16.70	Cumple
Relacion Estabilidad /flujo (Kg/cm)	1700 - 4000	3744.51	Cumple
Peso unitario (Kg/m ³)		2.3053	Cumple
Porcentaje de Volumen Lleno de Asfalto (%VFA)	65 -75	76.21	No Cumple




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

Anexo 18: Resultados Ensayo Estabilidad Retenida

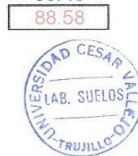
**ENSAYO ESTABILIDAD RETENIDA
(ENSAYO DE SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD)
ASTM D 4867 /D4867M-96**

**TESISEFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
CON AGREGADOS DE LA CANTERA"SAN BERNARDO" - TRUJILLO**
RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN **MUESTRA:** AGREGADOS Y C.A
CANTERA:SAN BERNARDO **FECHA:** 26/06/2019
UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO **C.A:** PEN 60/70

Dato	Muestra	SECAS			HUMEDAS		
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₁	M ₂	M ₃
D	Diámetro mm	103.2	102.8	102.7	102.5	103.1	103.0
t	Espesor (altura) ,mm	67.2	67.6	66.4	67.6	68.3	68.8
A	Peso Seco en Aire gr	1210.7	1212.5	1214.6	1213.3	1221.4	1218.6
B	Peso Muestra sat.Sup.Seca.g	1215.2	1217.9	1220.5	1216.7	1225.5	1221.6
C	Peso en Agua.g	698.7	699.6	702.3	697.5	702.4	701.1
E	Volumen (B-C),cc	516.5	518.3	518.2	519.2	523.1	520.5
F	Peso Especifico Bulk (A/E)	2.344	2.339	2.344	2.337	2.335	2.341
G	Rice	2.517	2.517	2.517	2.517	2.517	2.517
H	%Vacios (100(G-F)/G)	6.9	7.1	6.9	7.2	7.2	7.0
I	Volumen de Vacio de Aire (HE/100)	35.5	36.6	35.6	37.2	37.8	36.4
p	Lectura del dial de Carga	138.0	137.0	141.0			
P	Estabilidad (Lb)	1618.50	1596.99	1645.20			
Saturado mm Hg(pulg .Hg) a 20 pulg Hg.							
B'	Peso Muestra sat.Sup.Seca.g				1247.1	1248.3	1243.2
C'	Peso en Agua.g				714.8	712.7	713.4
E'	Volumen (B'-C'),cc				532.3	535.6	529.8
J'	Volumen Absor.Water (B'-A')				33.8	26.9	24.6
	% Saturacion (100 J'/I)				90.96	71.09	67.67
	% Expansion (100(E'-E)/E)				2.52	2.39	1.79
Condicionado 24 horas a 60° C en agua.							
T''	Espesor mm(pulg)				67.2	67.4	68.2
B''	Peso Muestra sat.Sup.Seca.g				1242.4	1243.6	1241.2
C''	Peso en Agua.g				712.6	713.6	715.6
E''	Volumen (B''-C''),cc				529.8	530	525.6
J''	Volumen de Agua Abs.(B''-A),cc				29.1	22.2	22.6
	% Saturacion (100 J''/I)				78.31	58.67	62.17
	% Expansion (100(E''-E)/E)				2.04	1.32	0.98
	Lectura del dial de Carga				117	123	121
P''	Estabilidad (Lb)				1401.6	1461.3	1476.7
Std	Esfuerzo Seco (2P/tD*pi)	95.85	94.39	99.09			
Stm	Esfuerzo Saturado ,(2P''/T''D)				83.58	86.37	86.34
	TSR (100*(Stm/Std)						
	Baño de Humedad Visual						
	Agregado Agrietado y Roto						
	Hinchamiento						

* Peso en condiciones saturadas superficialmente del especimen ,saturado parcialmente,g.

Promedio (Std) 96.44
 Promedio (Stm) 85.43
 TSR 88.58



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

Anexo 19: Resumen de Estabilidad sin inmersión y con inmersión.

**ENSAYO ESTABILIDAD RETENIDA
(ENSAYO DE SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD)
ASTM D 4867 /D4867M-96**

TESIS: EFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA "SAN BERNARDO" - TRUJILLO

RESPONSABLE: CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN
CANTERA: SAN BERNARDO
UBICACIÓN: EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO

MUESTRA: AGREGADOS Y C.A.
FECHA: 26/06/2019
C.A.: PEN 60/70

MUESTRA	MUESTRA	ESTABILIDAD (Kg)	FACTOR CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)
BRIQUETAS SIN INMERSIÓN	1	734.15	1.00	732.04
	2	724.39	0.99	717.88
	3	746.26	0.99	739.8
PROMEDIO				729.91


MUESTRA	MUESTRA	ESTABILIDAD (Kg)	FACTOR CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)
BRIQUETAS CON INMERSIÓN	1	635.76	0.99	628.11
	2	662.84	0.97	646.14
	3	669.83	0.98	658.82
PROMEDIO				644.36

EMR
88.28 %




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

Anexo 20: ACTA DE ABROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo,

Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Trujillo (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"Efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo 2018", del (de la) estudiante Carlos Edgardo Alvarado León constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha... 22 de Enero del 2020


Firma

Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova

DNI: 03371671

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Anexo 21: PANTALLAZO DEL SOFTWARE TURNITIN

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. The main document area shows the following text:

UNIVERSIDAD CESAR VALDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo 2018.

AUTOR:
ALVARADO LEÓN, Carlos Edgardo (0000-0002-1315-5226)

ASESORES:
Mg. Ing. Luis Alberto Horna Araujo (0000-0002-3674-9617)
Mg. Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova (0000-0001-9295-7775)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Trujillo – Perú
2019

The right sidebar shows the 'Resumen de coincidencias' (Summary of Similarities) panel with a 27% similarity score. Below the score, it lists 9 sources with their respective percentages:

Source	Percentage
1 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	8 %
2 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	3 %
3 repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
5 repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	2 %
6 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
7 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
8 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
9 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %

The bottom of the screenshot shows the Windows taskbar with the search bar, taskbar icons, and system tray showing the time as 11:05 a.m. on 22/01/2020.

Anexo 22: **FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DE LAS TESIS**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
“César Acuña Peralta”**

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS**

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Alvarado León Carlos Edgardo

D.N.I. : 73033199

Domicilio : Mz A56 Lt 17 Manuel Arévalo III Etapa

Teléfono : Fijo : 044228046 Móvil : 955258862

E-mail : alvaradocarlos.edg@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería

Escuela : Ingeniería Civil

Carrera : Ingeniería Civil

Título : Ingeniero Civil

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Alvarado León Carlos Edgardo

Título de la tesis:

“Efecto de la humedad en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente con agregados de la cantera San Bernardo, Trujillo 2018”.

Año de publicación : 2019

**4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN
ELECTRÓNICA:**

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha:

03-12-2019

Anexo 23: **AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

PROGRAMA ACADÉMICO DE ING. CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CARLOS EDGARDO ALVARADO LEÓN

INFORME TÍTULADO:

EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA

ASFÁLTICA EN CALIENTE CON AGREGADOS DE LA CANTERA
SAN BERNARDO, TRUJILLO 2018.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 03 DICIEMBRE 2019

NOTA O MENCIÓN: 16



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Alan Yordan Valdivieso Velarde

PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO 1: Cantera San Bernardo, Milagro, Trujillo. (obtención de agregados)



FOTO 2: Cantera San Bernardo, Milagro. (obtención de agregado grueso)



FOTO 3: Cantera San Bernardo, Milagro. (obtención de agregado fino)



FOTO 4: Ensayo Equivalente de Arena (llenado de probetas con solución stock)



FOTO 5: Ensayo Equivalente de Arena. (agua destilada a la probeta graduada)



FOTO 6: Ensayo Equivalente de Arena. (reposo de muestras durante 10 minutos).



FOTO 7: Ensayo Chatas y Alargadas. (dispositivo de calibración proporcional)

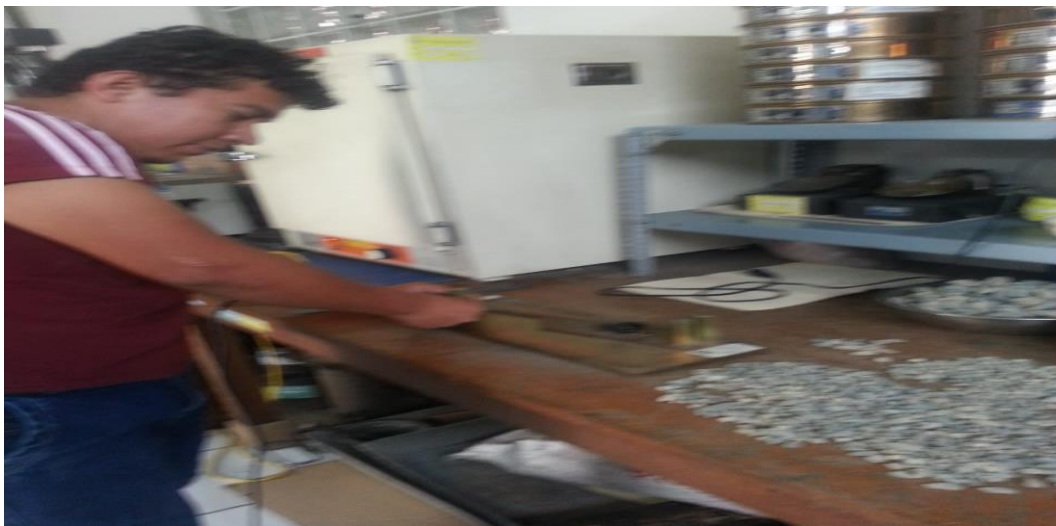


FOTO 8: Ensayo Chatas y Alargadas.



FOTO 9: Estufas para el calentamiento de los materiales.



FOTO 10: Calentamiento del martillo Marshall a una temperatura de 90°C a 150° C.



FOTO 11: Pedestal para la compactación.



FOTO 12: Calentamiento de agregados y cemento asfáltico a una temperatura 140°C.



FOTO 13: Adición del ligante a los agregados ambos debidamente calentados a la temperatura determinada.



FOTO 14: Mezclado de los agregados y ligante para luego vaciarlo en el molde.



FOTO 15: Mezcla en molde para la compactación.



FOTO 16: Martillo compactador 75 golpes por cada cara de las briquetas.



FOTO 17: Briquetas con 5.0%.5.5%.6.0%,6.5% y 7.0% de Cemento Asfaltico.



FOTO 18: Peso saturado de cada una de las Briquetas de diferente % C.A.



FOTO 19: Peso sumergido de cada una de las Briquetas de diferente % C.A.



FOTO 20: Baño María a las diferentes Briquetas.



FOTO 21: Colocación de la briqueta dentro de la mordaza Marshall.

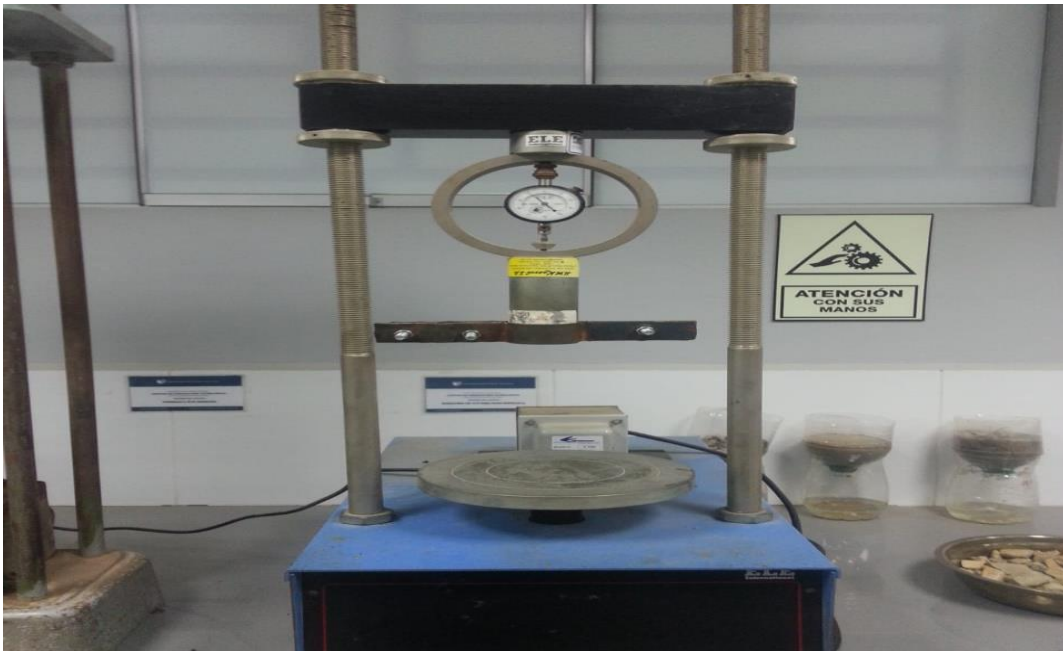


FOTO 22: Prensa Marshall en el laboratorio

