

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en
caliente con adición de un 11 % por cenizas de cáscara de
arroz**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Castillo Lopez ,Jordan Elvis

Asesor

Castañeda Gamboa ,Rogelio Fermin

Chimbote – Perú

2019

Palabras claves:

Tema	Resistencia a la deformación de mezcla asfálticas en caliente
Especialidad	Pavimentos

Key words:

Topic	Resistance to deformation of hot mix asphalt
Specialization	Pavements

Líneas de investigación.

Programa	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	Transporte
OCDE	Ingeniería y tecnología Ingeniería civil. Ingeniería del transporte.
Campo de investigación	Pavimentos.

TITULO:

“RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN DE UNA MEZCLA
ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE UN 11 %
POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ”.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar la resistencia a la deformación de diseño de asfalto en caliente usando 11% de cenizas de cáscara de arroz en comparación con un diseño de mezcla asfáltica convencional.

Lo que se realizó para obtener la resistencia a la deformación del pavimento en caliente, se desarrollara por medio del ensayo Marshall donde se utilizó diferentes porcentajes de asfalto de 4%, 4,5%, 5% y 5.5% para 3 muestras de cada porcentaje de asfalto en cada briqueta tanto patrón como experimental, donde se llevara las 24 briquetas en el aparato Marshall donde al aplicar la fuerza correspondiente del aparato nos mostró la resistencia a la deformación de cada briqueta del diseño de asfalto.

Se determinó que al adicionar 11% de cenizas de cáscara de arroz se obtuvo una disminución a la deformación de la carpeta asfáltica logrando así un pavimento más estable que la convencional debido que el diseño patrón se obtuvo los resultados de la deformación de 2540 kg/cm, 2512kg/cm, 2482kg/cm y 2359kg/cm y mientras que el diseño experimental se obtuvo 2128 kg/cm, 2189 kg/cm, 2245 kg/cm y 2197 kg/cm para cada porcentaje de cemento asfáltico de 4,4,5y5,5 respectivamente , demostrando que la nueva adición puede ser usada en obras de construcción de carreteras en la parte de la carpeta asfáltica ,brindándole que sea más estable y que tenga menor deformación en el pavimento.

,

.

ABSTRACT

The objective of this research project was to determine the resistance to deformation of hot asphalt design using 11% of rice husk ash compared to a conventional asphalt mixing design.

What was done to obtain the resistance to deformation of the hot pavement, will be developed by means of the Marshall test where different percentages of asphalt of 4%, 4.5%, 5% and 5.5% were used for 3 samples of each percentage of asphalt in each briquette, both standard and experimental, where the 24 briquettes were taken in the Marshall apparatus where, when applying the corresponding force of the apparatus, we showed the resistance to the deformation of each briquette of the asphalt design.

It was determined that by adding 11% of rice husk ash, a decrease in the deformation of the asphalt binder was obtained, thus achieving a more stable pavement than the conventional one, because the standard design resulted in the deformation of 2540 kg / cm , 2512kg / cm, 2482kg / cm and 2359kg / cm and while the experimental design was obtained 2128 kg / cm, 2189 kg / cm, 2245 kg / cm and 2197 kg / cm for each percentage of asphalt cement of 4.4, 5y5.5 respectively, demonstrating that the new addition can be used in road construction works in the part of the asphalt, giving it more stable and having less deformation in the pavement.

Índice General

Contenido

Palabras clave - key words – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Indice	v
I). Introducción	1
II). Metodología	19
III). Resultados	23
IV). Análisis y discusión	53
V). Conclusiones	57
VI). Recomendaciones	59
VII). Referencias bibliográficas	60
VIII). Anexos y apéndices	63

Lista de Tablas

Tabla 1. Composición Químico del Asfalto	6
Tabla 2. Componentes de cenizas de cascara de arroz	7
Tabla 3. Agregado Grueso	8
Tabla 4. Agregado Fino	9
Tabla 5. Filler	10
Tabla 6. Cemento Asfáltico	10
Tabla 7. Requisitos para mezcla asfáltica en caliente	12
Tabla 7.1. Vacíos en el Agregado Mineral	12
Tabla 8.1. Variable Dependiente	17
Tabla 8.2. Variable Independiente	17
Tabla 9. Cantidad de muestra a realizar	20
Tabla 10. Composición elemental de la ceniza de cascara de arroz % de masa	25
Tabla 11. Agregado Fino Granulometría	25
Tabla 12. Agregado Grueso Granulometría	25
Tabla 13. Agregado Fino Gravedad Especifica	26
Tabla 14. Agregado Grueso Gravedad Especifica	26
Tabla 15. Agregado Fino Peso Unitario Suelto	27
Tabla 16. Agregado Fino Peso Unitario Compactado	27
Tabla 17. Agregado Grueso Peso Unitario Suelto	27
Tabla 18. Agregado Grueso Peso Unitario Compactado	27
Tabla 19. Agregado Fino Contenido de Humedad	28
Tabla 20. Agregado Grueso Contenido de Humedad	28
Tabla 21. Agregado Grueso Resistencia a la Abrasión	28
Tabla 22. Agregado Grueso Caras Fracturadas	28
Tabla 23. Agregado Grueso Índice de Aplanamiento y Alargamiento	29
Tabla 24. Agregado Fino Equivalente de Arena	29
Tabla 25. Agregado Fino Limite Liquido y Limite Plástico (malla #40)	30
Tabla 26. Agregado Fino Limite Liquido y Limite Plástico (malla #200)	30

Tabla 27. Agregado Fino Análisis Químico	31
Tabla 28. Agregado Grueso Análisis Químico	31
Tabla 29. Agregado Fino de Adhesividad (Riedel Weber)	31
Tabla 30. Agregado Grueso Sulfato de Sodio y Magnesio	31
Tabla 31. Agregado Grueso (Stripping)	32
Tabla 32. Resultados de Diseño Patrón	32
Tabla 33. Resultados de Diseño Experimental	35
Tabla 34. Estabilidad Patrón y Experimental	38
Tabla 35. Peso Unitario Patrón y Experimental	39
Tabla 36. Flujo Patrón y Experimental	41
Tabla 37. % Vacíos en Aire Patrón y Experimental	42
Tabla 38. % Vacíos de Agregado Mineral Patrón y Experimental	44
Tabla 39. % Vacíos Llenos con Asfalto Patrón y Experimental	45
Tabla 40. Resultados de Resistencia a la Deformación Patrón (4% ca)	47
Tabla 41. Resultados de Resistencia a la Deformación Patrón (4.5% ca)	47
Tabla 42. Resultados de Resistencia a la Deformación Patrón (5% ca)	48
Tabla 43. Resultados de Resistencia a la Deformación Patrón (5.5% ca)	48
Tabla 44. Resultados de Resistencia a la Deformación Experimental (4% ca)	49
Tabla 45. Resultados de Resistencia a la Deformación Experimental (4.5% ca)	49
Tabla 46. Resultados de Resistencia a la Deformación Experimental (5% ca)	50
Tabla 47. Resultados de Resistencia a la Deformación Experimental (5.5% ca)	50
Tabla 48. Resultados de Resistencia a la Deformación	51
Tabla 49. Calculo de la Prueba (ANOVA)	51
Tabla 50. Agregados Gruesos Según la Norma y Resultados en Laboratorio	54
Tabla 51. Agregados Finos Según la Norma y Resultados en Laboratorio	54
Tabla 52. Resistencia a la Deformación Patrón y Experimental	55

I. INTRODUCCIÓN

En vista de la problemática existente a nivel mundial sobre la disposición final de diversos materiales de desecho que generan contaminación al ambiente, se ha buscado una forma de reutilizar los mismo, lo que ha generado una serie de estudios por parte de institutos y universidades para determinar cuál podría ser una de solución factible para la disposición de estos materiales, siendo alguna de ellas las que se nombran a continuación.

Castro, D (2013) Incidencia de la ceniza de cascara de arroz en el asfalto para una mezcla asfáltica Universidad de Ibagué coruniversitaria, Colombia

Concluye que el uso de cenizas en la mezcla logra incrementar la estabilidad del asfalto generado y disminuyo la resistencia a la deformación con ala mezcla de diseño convencional en algunos porcentajes como 9 y 11 % de cenizas de cáscara de arroz y de 15 % mejoro, pero en algunos porcentajes de asfalto, teniendo en cuenta algunos parámetros en la adición. El presente estudio comprendió la realización de mezclas asfálticas modificadas de las cuales se testearon tres briquetas por cada porcentaje de adición de cenizas de cáscara de arroz (9%,11%y15%), exponiendo los resultados de la siguiente manera; los porcentajes del 9,11y15 de ceniza la estabilidad es satisfactoria con respecto al parámetro de diseño, lo cual se traduce en estabilidad. Los parámetros flujo y vacíos en aire si cumplieron con la norma técnica y los parámetros % vacíos en agregado mineral y % vacíos llenos de asfalto cumplieron, pero en algunos porcentajes como 11 % a 80% de calcinación y adicionando 15 % a 100 % de calcinación no cumplieron. Donde se concluyó que cumplió en algunos porcentajes las cenizas de cáscara de arroz y otros no se cumplió en los diferentes porcentajes y diferente calcinación del material adicionado donde la estabilidad y las demás características también fueron variados según los porcentajes donde sí se mejoró con la adición con el material cenizas de cáscara de arroz.

El deterioro percibido de la carpeta asfáltica es un problema que se afronta con éxito en el mundo desarrollado aplicando nueva tecnología y desarrollando una mejor calidad y vida útil del pavimento.

La Modificación de los asfaltos es una técnica relativamente nueva, utilizada para el aprovechamiento efectivo de los asfaltos en la pavimentación de vías. Esta técnica consiste en la adición de las cenizas de cascara de arroz a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus características físicas. A nivel internacional ya se aplica esta tecnología, con buenos resultados.

A nivel de Sudamérica hay muchos estudios sobre el tema, lo cual denota su importancia en el bienestar del ser humano, que sus vías estratégicas (carreteras) brinden optima servicialidad, que finalmente favorecerá su economía, tiempo de uso de una carretera, necesidades personales etc.

A nivel internacional se está abordando estos problemas del asfalto en la carpeta de rodadura por la poca duración que tiene el asfalto en distintos países del mundo debido a distintos aspectos que se presentan que es perjudicial al asfalto en la carpeta asfáltica como el clima, el mal uso de la población, etc.

A nivel local se observa un rápido deterioro de pavimentos en vías, con poco tiempo de ejecución, como es el caso de la Av. Caminó Real en Chimbote, Perú; lo cual preocupa en gran manera, puesto que las gestiones locales malgastan de esta manera el dinero del pueblo.

Por ello es importante el aporte del presente trabajo tanto al campo de la ingeniería local, como a la economía de la comunidad local, que se beneficiara finalmente al destinar los gastos que se evitara hacer en mantenimientos infructuosos, a otros rubros que necesite más la población u otros servicios más importantes que es más necesarios para la localidad.

El proyecto trata de adicionar las cenizas de cascara de arroz en la mezcla asfáltica y más propiamente al Cemento Asfáltico, para buscar mejorar las condiciones de físicas del asfalto en la capa de rodadura.

Podemos abordar los problemas de esos niveles al nivel local se puede observar en la avenida camino real que el pavimento se deterioró por distintos motivos donde muchos problemas surgen a nivel local y no se puede hacer nada y no se tiene un mantenimiento adecuado por distintos problemas local de gestión, económico, social, etc.

Donde al poco tiempo de duración de una vía debido al deterioro de la capa de rodadura lo que se está haciendo a nivel local no se toma medidas necesarias para poder tener buenos asfalto debido que no están interesando por mejor nuestra localidad porque se está haciendo asfalto que duran poco y se desgasta más rápido por eso se ve que en la localidad se encuentran muchos baches, huecos, caída del asfalto, etc.; por lo que se formula el problema de ¿Cuál es la resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en caliente cuando se adiciona 11 % de cenizas de cáscara de arroz en comparación de una mezcla patrón?

La justificación de la investigación nace de percibir un problema en la mejoría de las propiedades físicas del asfalto en la capa de rodadura. Por ello se hace necesario investigar un nuevo diseño de mezcla asfáltica, en nuestro país no debe ser ajeno a la aplicación de nuevas tecnologías en el campo de la pavimentación, es decir, la investigación estaría contribuyendo a la actualización de tecnología en el campo de pavimentos. Esta tecnología utiliza las propiedades de la ceniza de cascara de arroz, por contener propiedades químicas similares al asfalto, que brinda mayor estabilidad al concreto asfáltico, alargando de esta manera la vida útil de la carpeta asfáltica, ante la aplicación diaria de cargas (transporte pesado), así como también el efecto del clima aparte el trabajo que se va a realizar es un avance importante en la mitigación del impacto ambiental negativo si se logra que un volumen importante al uso y disposición final de la cascara de arroz mediante procesos industriales de regulación y control sea incorporado como una de las materiales primas de la mezcla asfáltica.

Por ello este proyecto de investigación, es que se podría contar con otro diseño de pavimentos adicionando cenizas de cascara de arroz en un 11% para así sea un beneficio al país porque se sabe que un pavimento es un medio importante de comunicación y contribuyen al desarrollo social y económico del país. Para la comunidad en nuestro país especialmente para los que exista un clima de 25°C por contener asfalto PEN 60/70 ya que se utilizan en dicho clima, donde con el proyecto que se está planteando serán beneficiosos para la comunidad debido que se garantizará un mejor estado del pavimento. Por esto este proyecto se utilizó adicionar 11 % de cenizas de cascara de arroz en la mezcla asfáltica convencional, conociendo sus propiedades químicas para poder si es un material al mismo asfalto y así poder utilizarlo en mezclas asfálticas en caliente, y mejorar la resistencia a la deformación de la carpeta asfáltica del pavimento, se utilizara la ceniza de cascara de arroz en la mezcla que nos permita disminuir la deformación que tiene en el diseño de carreteras y el efectos que tienes sobre el medio ambiente y una mejor vida útil

Asfalto

El asfalto es un material bituminoso de color negro o café oscuro, constituido principalmente por asfáltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad; es sólido o semisólido y tiene propiedades cementantes a temperaturas ambientales. Al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia líquida.

El asfalto al entrar en contacto con el oxígeno del medio ambiente reacciona, perdiendo sus propiedades elásticas y volviéndose duro. Esta es una de las características del asfalto que trata de retardarse, pero que se desarrolla con el tiempo. Menéndez, J. (2013)

Estos pueden tener dos orígenes; los derivados de petróleos y los naturales.

Composición del Asfalto

El asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos, en el cual es difícil establecer una distinción clara entre fase continua y dispersa. Las primeras experiencias para descubrir su estructura, fueron desarrolladas por Nellensteyn en 1924, cuyo modelo fue mejorado más tarde por Pfeiffer y Saal en 1940, en base a limitados procedimientos analíticos. Menéndez, J. (2013)

Observamos que al pasar de los asfáltenos a los aceites, existe una disminución gradual de componentes aromáticos y un aumento en el carácter parafínico.

En forma general, la presencia de parafina influye en las propiedades reológicas del asfalto. La estructura cristalina de la parafina sólida ocasiona un endurecimiento mayor en el asfalto; a temperaturas más elevadas la parafina se licua, lo que ocasiona una variación sensible en las viscosidades del asfalto. Menéndez, J. (2013)

La parafina disminuye la adhesividad de los asfaltos en los agregados y una elevada cantidad de ella, puede provocar un envejecimiento prematuro del ligante, influyendo sobre la duración y tiempo de vida útil del pavimento. Menéndez, J. (2013)

Propiedades Físicas

El asfalto es un líquido viscoso constituido esencialmente por hidrocarburos o sus derivados, a continuación, enlistamos algunas de sus características:

- **Consistencia:** Se refiere a la dureza del material, la cual depende de la temperatura. A altas temperaturas se considera el concepto de viscosidad para definirla.

- **Durabilidad:** Capacidad para mantener sus propiedades con el paso del tiempo y la acción de agentes envejecedores.

- **Cohesión:** es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado. El ensayo de ductilidad no mide directamente la adhesión o la cohesión; más bien, examina una propiedad del asfalto considerada para algunos como la relación con la cohesión y la adhesión.

Propiedades Químicas

El asfalto tiene propiedades químicas que lo hacen muy versátil como material de construcción de carreteras principalmente por una mezcla moléculas de alto peso molecular, de naturaleza principalmente hidrocarbonada, con pequeñas proporciones de heteroátomos S,O,N y pequeñas cantidades de átomos metálicos (V,Ni,Ca,Mg,Sr) a relación entre la composición química del cemento asfáltico y su comportamiento de la estructura del pavimento es todavía incierta. (Instituto del asfalto,1982)

Tabla N°01. Composición Químico del Asfalto:

Elemento	Promedio
Carbono	82 – 88%
Hidrogeno	8 – 11%
Azufre	0 – 6%
Oxigeno	0 – 1.5%
Nitrógeno	0 – 1%

Fuente: Instituto del asfalto, 1982

Cáscara de arroz

La cáscara de arroz es un tejido vegetal constituido por celulosa y sílice propiedades que le dan diferentes usos como combustible alternativo, sustituto de madera, abono de cultivos y es utilizado en el campo agrícola, de la construcción y como aislante térmico. (Wikipedia,2007)

Composición Mineral de la Cenizas de Cáscara de Arroz

Las propiedades minerales de la cáscara de arroz después de ser calcinada son las indicadas:

Tabla N°02. Componentes:

COMPONENTE QUÍMICO	CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
Si O ₂	94.1
Al ₂ O ₃	0.12
Fe ₂ O ₃	0.30
CaO	0.55
MgO	0.95
K ₂ O	2.10
Na ₂ O	0.11
P ₂ O ₅	0.41
SO ₃	0.06

Fuente: Luxan (2007)

Estudio de la actividad puzolánica de ceniza de cáscara de arroz

El valorar la posible actividad puzolánica de un material ha sido objetivo principal de numerosos trabajos, dando lugar a distintos métodos de evaluación, basados en aspectos diferentes de un mismo hecho.

Para el presente estudio, y en base a la experiencia de la Dra. Luxán (19), se ha llevado a cabo un ensayo que valora la reacción material/cal apagado para así el diseño del ensayo que se va a realizar sea óptimo y se obtengan resultados que satisfagan los distintos ámbitos de estudio. (Wikipedia,2007)

Materiales:

(a) Agregados Minerales Gruesos

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que, al aplicársele una capa de material asfáltico, está no se desprenda por la acción del agua y del tránsito, en caso de que esta circunstancia se produzca, será necesario añadir algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad. La proporción de los agregados, retenida en la Malla N° 4, se designará agregado grueso y se compondrá de piedra triturada y/o grava triturada. Así mismo, y de ser necesario se realizará el venteo mecanizado y lavado a la trituración del agregado grueso, para minimizar la presencia de partículas finas.

El agregado triturado, en no menos de un 40% en peso, de las partículas del mismo, deberá tener dos caras fracturadas o forma cúbica angulosa, y no menos del 65% tendrá una cara fracturada. De ser necesario para cumplir con este requisito, la grava deberá ser tamizada antes de ser triturada.

Cuando la granulometría de los agregados tiende a la segregación durante el acopio o manipulación, deberá suministrarse el material en dos o más tamaños separados.

Los agregados gruesos, deben cumplir además con los siguientes requerimientos:

Tabla N°03. Agregado grueso:

Ensayos	MTC	Norma ASTM / AASHTO	Requerimiento
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	ASTM C-88	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C-88	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	ASTM C-131	35% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)	-	ASTM D-4791	10% máx.
Caras fracturadas dos o mas			
(≤ 3 millones de Ejes Equivalentes)	MTC E 210	ASTM D-5821	40% min.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D-1888	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	ASTM C-118	Según Diseño
Adherencia	MTC E 519	AASHTO T-182	+95

Fuente: MTC – EG 2013

(b) Agregados Minerales Finos

La proporción de los agregados que pasan la Malla N° 4, se designará agregado fino y se compondrá de arena natural y/o material obtenido de la trituración de piedra, grava o escoria o de una combinación de ambos.

Dichos materiales se compondrán de partículas limpias, compactas, de superficies rugosas moderadamente angulares, carentes de grumos de arcilla u otros aglomerados de material fino.

No se utilizarán en capas de superficie agregados con tendencia a pulimentarse por el tráfico.

Cuando sea necesario mezclar dos o más agregados finos, deberá hacerse a través de tolvas separadas y en los alimentadores en frío y que no sea acopio para su mejor aplicación para cualquier trabajo que se va a realizar acerca de los materiales para el agregado fino

Los Agregados finos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Tabla N°04. Agregado Fino:

Ensayos	Norma MTC	ASTM / AASHTO	Requerimiento
Equivalente de Arena	MTC E 209	ASTM D 2419	Mínimo 45 %
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	MTC E 220	6 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	ASTM D 4318	N.P.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	ASTM D 4318	N.P.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	ASTM C 118	Según Diseño

Fuente: MTC – EG 2013

(c) Relleno Mineral ("Filler")

El material de relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o de ser el caso, como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, se compondrá de materiales tales como polvo calcáreo, polvo de roca y/o cal hidratada no plástica, debidamente aprobados por el Supervisor.

Estos materiales deberán carecer de materias extrañas y objetables; estarán perfectamente secos para poder fluir libremente y no contendrán grumos.

El material cumplirá con los siguientes requerimientos mínimos de granulometría:

Tabla N°05. Filler:

Malla	% que pasa (en peso Seco)
N° 30	100
N° 50	95-100
N° 200	80-100

Fuente: MTC – EG 2013

(d) Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la Tabla 415-01, según lo establecido en Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Tabla N°06. Cemento Asfáltico:

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

Fuente: MTC – EG 2013

Resistencia a la deformación

La resistencia a la deformación de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las diferentes cargas de tránsito; tanto que sea tránsito pesado o tránsito liviano.

Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla.

Los requisitos de resistencia a la deformación solo pueden establecerse después de un análisis completo del tránsito, debido a que las especificaciones de la resistencia a la deformación para un pavimento dependen del tránsito esperado.

Las especificaciones de la resistencia a la deformación deben ser lo suficiente altas para acomodar adecuadamente el tránsito esperado, pero no más altas de lo que exijan las condiciones de tránsito. Valores muy altos de estabilidad producen un pavimento demasiado rígido y, por lo tanto, menos durable que lo deseado.

La resistencia a la deformación de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna. La fricción interna en las partículas de agregado (fricción entre partículas) está relacionada con características del agregado tales como forma y textura superficial.

Cuando se sobrepasa este nivel, los aumentos en el contenido de asfalto producen una película demasiado gruesa sobre las partículas de agregado, lo cual resulta en pérdida de fricción entre partículas existen muchas causas y efectos asociados con una estabilidad insuficiente en el pavimento. Menéndez, J.R. (2012).

Según norma en las mezclas asfálticas, es de gran importancia conocer la cantidad de asfalto por emplearse, debiéndose buscar un contenido óptimo; ya que en una mezcla este elemento forma una membrana alrededor de las partículas de un espesor tal que sea suficiente para resistir los efectos del tránsito y de la intemperie, pero no debe resultar muy gruesa ya que además de resultar antieconómica puede provocar una pérdida de la estabilidad en la carpeta de rodadura, además este exceso de asfalto puede hacer resbalosa la superficie, para calcular este óptimo se tienen las pruebas de compresión simple para mezclas en frío, mtc (EG 2013)

El asfalto en la mezcla debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

TablaN°07. Requisitos para mezcla asfáltica en caliente:

Fuente: MTC – EG 2013

TablaN°07.01. Vacíos en el agregado mineral:				
Parámetros de diseño Marshall	Unidad	Trafico liviano	Trafico medio	Tráfico pesado
Numero de golpes en cada lado	N°	35	50	75
Estabilidad	Kg	Min.453	Min.544	Min.815
Flujo	0.01"(0.25mm)	8-20	8-16	8-14
Porcentajes vacíos de aire	%	3-5	3-5	3-5
Vacíos en el agregado mineral	%	Ver Tabla N°06.01		
Resistencia a la compresión	Mpa	1,4	2.1	2,1
Relación estabilidad/flujo (3)	Kg/cm	1700-4000		
Vacíos llenos de cemento asfáltico	%	70-80	65-75	65-78
	Tamiz	Marshall	Superpave	
	2,36 mm (N°8)	21	-	
	4,75 mm (N°4)	18	-	
	9,50 mm (N°3/8)	16	15	
	12,5 mm (N°1/2)	15	14	
	19,0 mm (N°3/4)	14	13	
	25,0mm (N°1)	13	12	
	37,5 mm (N°1 1/2)	12	11	
	50,0 mm (N°2)	11,5	10,5	

Fuente: MTC – EG 2013

La mezcla asfáltica, será producida en plantas continuas o intermitentes. La temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad del asfalto que le permita mezclarse íntimamente con el agregado combinado también calentado. La mezcla será transportada a obra en vehículos acondicionados convenientemente para garantizar su homogeneidad (no-segregación).

Pruebas técnicas del laboratorio:

Descripción del método marshall

- El método Marshall usa muestras de prueba normalizadas (briquetas) de 2 y ½” de espesor por 4” de diámetro (64 x 102 mm).

- Se selecciona el agregado que cumpla con las especificaciones requeridas. El tipo y grado del asfalto, de acuerdo al tipo de agregado y las condiciones climáticas.

Para determinar el contenido óptimo de asfalto se preparan y compactan una serie de muestras de prueba (briquetas), con distintos porcentajes de asfalto cuyo rango de variación no debe ser mayor a 0,5%. Como mínimo se debe incluir dos porcentajes por encima y dos por debajo del óptimo de contenido de asfalto estimado.

En la práctica se observa que el contenido óptimo de asfalto se encuentra alrededor del 6 %, con referencia al peso de los agregados pétreos. Mayores porcentajes deben conducir a una verificación cuidadosa del diseño de la mezcla.

Para verificar la idoneidad de los datos se deben hacer tres muestras (briquetas) por cada contenido de asfalto. Generalmente para un diseño, se deben tomar 6 porcentajes de asfalto diferentes, por lo cual se requerirán 18 briquetas. Adicionalmente se deben incluir 6 briquetas para determinar los efectos del agua en la estabilidad y el flujo. Aproximadamente para cada briqueta, se necesitan 1200 g de agregados, por lo cual la cantidad representativa de los agregados, debe tener un peso mínimo de 29 kg (65 lb). Además, se requerirá aproximadamente un galón de asfalto. mtc (EG 2013)

Pruebas de estabilidad y fluencia

Después de obtenido el Peso Esp ecífico Bulk de la mezcla compactada, se procede a la ejecución de los ensayos de estabilidad y fluencia, de la siguiente manera:

a. Calibrar el cero del flujómetro, previamente montado sobre uno de los guidores, y luego de insertar la mordaza de 4” debajo del pivote.

b. Sumergir la briqueta en baño de agua a 60 °C (140 °F), durante 30 a 40 minutos.

c. Limpiar las guías y la superficie interior del anillo de prueba y lubricar las guías para garantizar que el segmento superior del anillo se deslice libremente sobre ellas. La temperatura de la mordaza debe mantenerse a una temperatura de 21 a 37,8 °C (70 a 100 °F), utilizando el baño de agua, si fuese necesario.

d. Se saca la muestra del baño de agua, se coloca en la parte inferior de la mordaza, luego se inserta la parte superior de la misma. Se centra el conjunto en el dispositivo de carga y se coloca el medidor de flujo sobre el guidor superior de la mordaza.

e. Aplicar la carga de ensayo a la muestra a una velocidad de deformación constante de 51 mm/min (2 pulg/min), hasta que ocurra la falla. El punto de falla se define como la carga máxima obtenida en el ensayo. El número total de Newtons (libras) necesario para producir la falla de la muestra se define como el valor de la estabilidad Marshall. La deformación vertical del espécimen producida por la carga, es el valor del Flujo.

f. Durante el ensayo de estabilidad, sujétese firmemente el medidor de flujo en su posición sobre el guidor, y retírese en el instante mismo que la carga empieza a decrecer, se anota el valor de flujo en unidades de 0,25 mm (0.01”). Por ejemplo si la muestra se deforma 3,8 mm (0,15”), su fluencia será 15.

g. Las pruebas de estabilidad y fluencia, a partir de la extracción de los núcleos del baño, no deben durar un tiempo mayor a 30 segundo. mtc (EG 2013)

Análisis de densidad y vacíos

Una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de Probetas de prueba. El propósito del análisis es el de determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada. Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto.

a. Promediar los valores de peso específico Bulk de todas las muestras de ensayo para cada contenido de ligante; los valores que por simple inspección presenten error, no se consideran.

b. Determinar el peso unitario promedio para cada contenido de ligante, multiplicando el valor promedio del peso específico Bulk por 1000 para peso unitario en kg/m³, por 62,4 para peso unitario en lb/pie³

c. Leer directamente en la curva trazada, los valores de peso unitario para cada contenido de asfalto ensayado y obtener el peso específico Bulk equivalente, dividiendo entre 1000 Kg/m³ (ó entre 62,4 lb/pie³). Los valores de peso específico Bulk así obtenidos, serán usados en el cálculo posterior de vacíos. mtc (EG 2013)

Análisis de vacíos en el agregado mineral

Los vacíos en el agregado mineral, VMA, está definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregado de la mezcla de pavimentación compactada, incluyendo los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto, y se expresan como un porcentaje del volumen total de la mezcla. El VMA es calculado con base en el peso específico total del agregado y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla compactada. Por lo tanto, el VMA puede ser calculado al restar el volumen de agregado (determinado mediante el peso específico total del agregado) del volumen total de la mezcla compactada. mtc (EG 2013)

Análisis de vacíos llenos de asfalto

Los vacíos llenos de asfalto, VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, y, por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de aire de VMA, y luego dividiendo por el VMA, y expresando el valor final como un porcentaje. mtc (EG 2013)

Contenido de asfalto óptimo

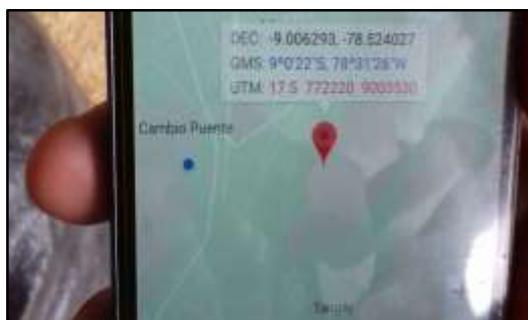
El contenido de asfalto de una mezcla particular se establece usando los criterios (discutidos más adelante) dictados por el método de diseño seleccionado.

El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende, en gran parte, de las características del agregado tales como la granulometría y la capacidad de absorción. La granulometría del agregado está relacionada con el contenido óptimo del asfalto. Entre más finos contenga la graduación de la mezcla, mayor será el área superficial total, y, mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir. mtc (EG 2013)

Accesibilidad

La cáscara de arroz se encuentre en diferentes apiladoras de arroz donde se saca el material que se emplea realizar con este material ,donde tiene uso solo como abono o como abrigo para algunos animales domesticos ,se puede encontrar en diferentes sembrios de arroz en nuestros difernetes distritos del valle.

Cordenadas UTM 17 S 772220 9003530 Foto 01:



Departamento:Ancash

Provincia:Santa

Distrito:Cambio Puente

Variable dependiente y Independiente

Tabla N° 08.01. Variable Dependiente:

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la deformación	Es su capacidad de resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas del tránsito donde depende de la estabilidad y flujo.	ESTABILIDAD	Kg
		FLUJO	Plg

Tabla N° 08.02. Variable independiente:

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Adición de ceniza de cascara de arroz.	Es la adición de ceniza de cascara de arroz en 11%, de la mezcla asfáltica	%

HIPÓTESIS

Si adicionamos al asfalto cenizas de cáscara de arroz, con un contenido de sílice, mejorara la resistencia a la deformación en la mezcla asfáltica en comparación a un diseño convencional

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la resistencia a la deformación del diseño de asfalto en caliente usando cenizas de cáscara de arroz en un 11%, en comparación con un diseño de mezcla asfáltica convencional

Objetivos específicos:

- Determinar la temperatura y tiempo de calcinación de la cáscara de arroz según el ensayo de análisis térmico diferencial (ATD)
- Determinar la composición química de la ceniza de cáscara de arroz mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X dispersiva en energía (FRXDE)
- Evaluar los respectivos ensayos de agregado grueso y fino según norma el ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) Perú.
- Determinar mediante el método Marshall la resistencia a la deformación de las briquetas patrón y experimental a un 11 % de cenizas de cáscara de arroz
- Comparar los resultados mediante la validez estadística

II METODOLOGÍA

El tipo de investigación correspondiente es de tipo Aplicada, precedentemente los resultados de los mismos fueron utilizados para la solución de los problemas relacionados a pavimentos y generando obras alternativas de diseño en asfalto con mayor resistencia, servirá como una técnica nueva para el proceso constructivo. Se logró consolidar los problemas a través de esta propuesta en su proceso constructivo.

Nuestra investigación es aplicada, porque busco resolver un problema conocido y encontré las respuestas a las preguntas específicas. Usando métodos innovadores y sobre todo naturales a bajo costo, ya que teniendo en cuenta los conocimientos previos ya estudiados, se comprobó de manera experimental las características físicas utilizándola las cenizas de cáscara de arroz, en comparación de mezcla asfáltica. Los ensayos se hicieron de manera experimental, haciendo del tiempo un factor importante para la deducción de resultados.

El diseño de la investigación corresponderá a esta investigación es experimental, porque se evaluó y estudio una nueva mezcla asfáltica con adición de cenizas de cáscara de arroz, gracias a eso se comparó con una mezcla de asfalto convencional, donde se obtuvo los resultados de los dos grupos de estudio denominados:

Grupo Control y Grupo Experimental, en donde se utilizó como material las cenizas de cáscara de arroz en relación a las características físicas experimental con el diseño convencional de mezcla asfáltica para la carpeta asfáltica, donde la mayor parte del estudio se concentró en el laboratorio de mecánica de suelos, el ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) donde el investigador de acuerdo a lo planeado en sus objetivos estuvo en contacto con los ensayos a realizar

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:

Tabla N°09. Cantidad muestras a realizar:

Descripción	% de asfalto	“Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en caliente con adición de un 11% por cenizas de cáscara de arroz”	
		0 %	11 %
			
Resistencia a la deformación	M1= 4%		
	M1= 4.5%		
	M1= 5%		
	M1= 5.5%		
	M2= 4%		
	M2= 4.5%		
	M2= 5%		
	M2= 5.5%		
	M3= 4%		
	M3= 4.5%		
	M3= 5%		
	M3= 5.5%		

Fuente: Elaboración propia

Para población de la investigación se estudió al conjunto de briquetas de diseño de mezcla asfáltica en caliente. Se prepara una serie de probetas con diferentes contenidos de asfalto (Con incrementos de 0,5% en peso, entre ellos), de tal manera que los resultados se pueden graficar en curvas que indiquen un valor “Óptimo” definido. Como mínimo se preparan en tres probetas para cada contenido

Para la muestra de estudio se trabajó con una muestra de 12 briquetas de diseño asfáltico patrón, 12 briquetas experimentales. Donde se trabajó con diferentes porcentajes de asfalto de 4 % ,4.5%.5% y 5.5% para 3 muestras de cada porcentaje de asfalto en cada briqueta en total 12 briquetas patrón y 12 briquetas experimental, donde las briquetas son de menor diámetro que las probetas de concreto.

Los Procedimientos que se realizaron para la investigación del trabajo constan con diferentes parámetros y procedimientos

Recolección de la cáscara de arroz

Se encuentra el material de la cáscara de arroz en las diferentes apiladoras de arroz, pero el que se empleó es de la apiladora Velázquez que se encuentra en cambio puente Chimbote donde el material de estudio se trajo en sacos respectivos.

Calcinación de la cáscara de arroz

Antes de ser calcinado se limpió la cáscara de arroz y sacando las pajitas que se encuentran en el material con un cernidor, para sacar el material perjudicial. Donde luego se calcinó en una olla de barro a cielo abierto para asarlo cenizas.

Ensayo de ATD de la cáscara de arroz

Se realizó este ensayo después del pre calcinación donde se llevó la muestra al laboratorio de polímeros en la ciudad de Trujillo, donde se realizó el ensayo de análisis térmico diferencial para obtener la temperatura adecuada para la calcinación de la cáscara de arroz.

Ensayo de fluorescencia de rayo x de la cáscara de arroz

Se llevó a la mufla el material con la temperatura de la calcinación según el ATD donde luego se llevó en un papel de azúcar el material ya sacado de la mufla para llevarlo a Lima para el análisis químico de la ceniza de cáscara de arroz, donde se encontró la composición química expresada como óxidos

Características de los materiales pétreos para diseño de mezcla asfáltica

➤ Característica de agregado grueso

Se realizó según las especificaciones indicadas en la norma para los respectivos ensayos como granulometría, gravedad específica, peso unitario, abrasión de los ángeles, partículas chatas y alargadas

➤ Característica de agregado fino

Se realizó según las especificaciones indicadas en la norma para los respectivos ensayos como granulometría, gravedad específica, peso unitario, y equivalente de arena

Elaboración de la briqueta patrón

Todo el material se llevó al horno piedra y la arena-cal por 24 horas, luego se llevó a la cocina para que los materiales se adinieren la piedra, arena y mezcla asfáltica, donde se colocó en las briquetas y luego se compactó 75 golpes en las 12 briquetas.

Elaboración de la briqueta experimental

Se llevó todos los materiales al horno piedra y la arena con la cal por 24 horas, donde luego se llevó a la cocina para que los materiales se adinieran la piedra, arena y mezcla asfáltica y se añadió las cenizas de cáscara de arroz a la mezcla, donde se colocó en las briquetas y luego se compactó 75 golpes en las 12 briqueta

Ensayo Marshall

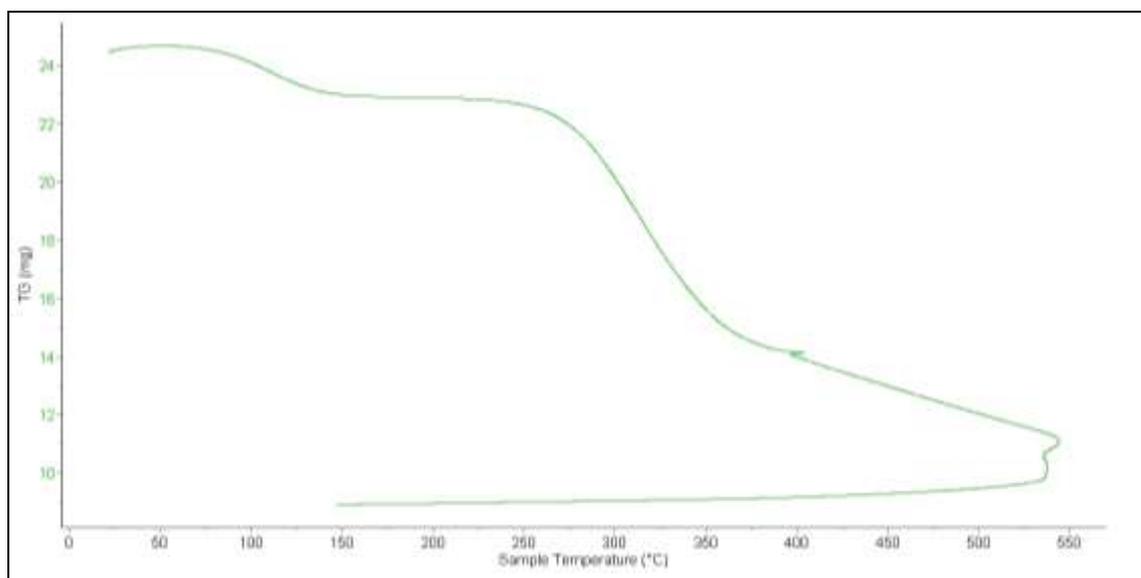
Para hallar la estabilidad del pavimento lo que se utilizó fue el aparato Marshall para eso se extrajo primero la mezcla asfáltica de las briquetas, donde luego se colocó en el aparato Marshall, donde se pudo calcular y obtener la estabilidad del pavimento y el flujo.

III RESULTADOS

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ANÁLISIS TÉRMICO REFERENCIAL (ATD)

Según el análisis Termogravimétrico se percibe dos importantes descensos de la masa, el primero entre 90 y 110 °C y el segundo entre 280 y 330°C, luego del cual la pérdida de masa se torna lento hasta alcanzar los 800°C que pierde aproximadamente el 50% de su masa inicial.

Grafico 01. Análisis termo Gravimétrico:

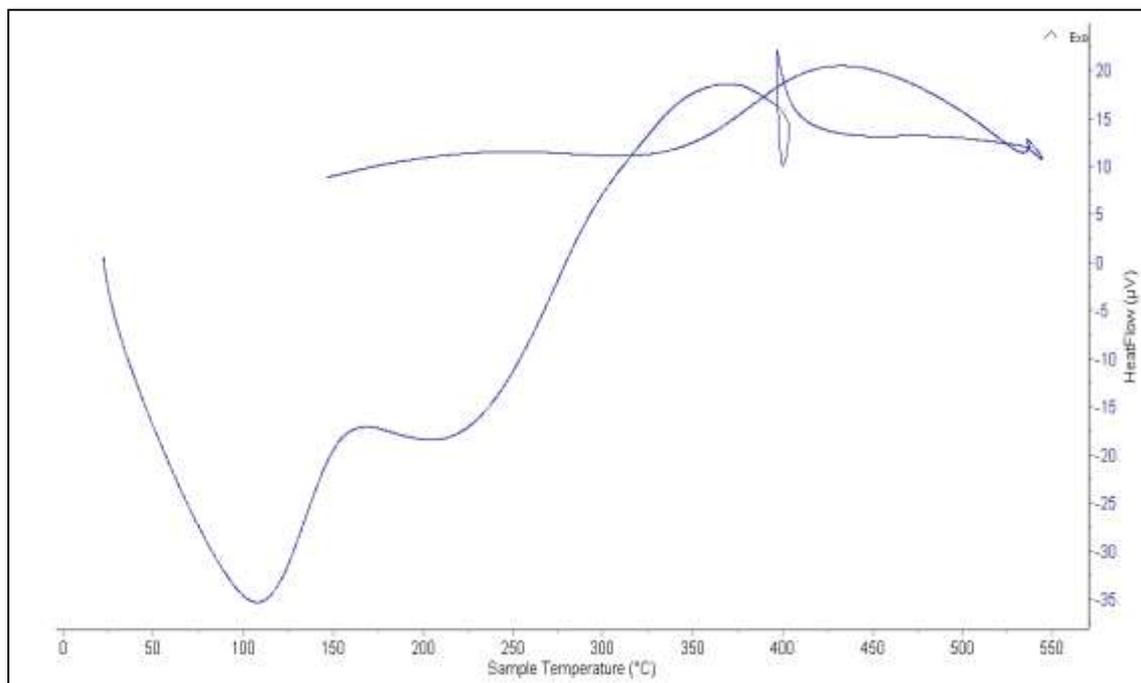


Material: Cáscara de Arroz

Fuente: Laboratorio de Polímeros Universidad Nacional de Trujillo

De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente 100°C y una (1) región endotérmica entre 170 y 250°C. Posteriormente a 410°C se muestra una transición térmica no muy bien definida.

Grafico 02. Análisis Calorimétrico:



Material: Cáscara de Arroz

Fuente: Laboratorio de Polímeros - Universidad Nacional de Trujillo

RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS -X DISPERSIVA EN ENERGIA (FRXDE)

De acuerdo con el análisis de FRXDE, presentado en la Tabla 10, la composición química de la ceniza de cáscara de arroz obtenida en los experimentos de combustión para las condiciones de trabajo implementadas, mostraron como principal componente al Silicio(Si) con valores en torno a 91.855% en masa, seguido por potasio (K) 3.745%, Aluminio (Al) 1.782%; Calcio (Ca)0.891% y los componentes en menor cantidades como Azufre(S) 0.330%; Arsénico(As) 0.005%; Níquel(Ni) 0.001% y Titanio(Ti) 0.01%.

Tabla N°10. Composición elemental de la ceniza de cáscara de arroz en % de masa:

Oxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	1.884	1.782
Si O ₂	97.088	91.855
S O ₂	0.349	0.33
Cl O ₂	1.007	0.953
K ₂ O	3.959	3.745
Ca O	0.941	0.891
Ti O ₂	0.01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.004	0.003
Mn O	0.211	0.2
Fe ₂ O ₃	0.208	0.197
Ni ₂ O ₃	0.001	0.001
Cu O	0.001	0.005
Zn O	0.025	0.023
As ₂ O ₃	0.005	0.005
Totales	105.697	100.00

Material: Cenizas de cáscara de Arroz

Fuente: Laboratorio de Arqueometria – Universidad Nacional Mayor de San Marcos

ENSAYOS DE GRANULOMETRIA AGREGADO FINO Y GRUESO

Tabla N°11. Agregado Fino:

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
2 ½"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
⅜"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	9.0	1.2	1.2	98.8
N°8	2.36	72.0	9.6	10.8	89.2
N° 16	1.18	163.0	21.8	32.6	67.4
N° 30	0.60	201.0	26.9	59.5	40.5
N°50	0.30	145.0	19.4	78.9	21.1
N° 100	0.15	122.0	16.3	95.3	4.7
N° 200	0.08	25.3	3.4	98.6	1.4
PLATO	ASTM C-117-04	10.2	1.4	100.0	0.0
TOTAL		747.5	100.0		

PROPIEDADES
FISICAS

Módulo de
Fineza 2.78

Material: Agregado Fino

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

Tabla N°12. Agregado Grueso:

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
1 ½"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.100	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.500	334.0	38.1	38.1	61.9
⅜"	9.520	130.5	14.9	53.0	47.0
N° 4	4.760	255.9	29.2	82.2	17.8
N°8	2.360	137.1	15.6	97.8	2.2
N° 16	1.180	15.7	1.8	99.6	0.4
N° 30	0.600	0.0	0.0	99.6	0.4
N°50	0.300	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 100	0.150	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 200	0.075	0.0	0.0	99.6	0.4
PLATO	ASTM C-117-04	3.2	0.4	100.0	0.0
TOTAL		876.4	100.0		

PROPIEDADES FISICAS

Tamaño
Máximo 1/2"
Nominal

Material: Agregado Grueso

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE GRAVEDAD ESPECIFICA AGREGADO FINO Y GRUESO

Tabla N°13. Agregado Fino :

A	Peso material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnómetro + agua	gr.	666.70	666.70
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	966.70	966.70
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr.	853.40	853.40
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm ³	113.30	113.30
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.20	297.20
G	Volumen de masa(E-(A-F))		110.50	110.50
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.623	2.623
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.648	2.648
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.690	2.690
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)		0.94	0.94
P.e. Bulk (Base Seca) :			2.623	
P.e. Bulk (Base Saturada) :			2.648	
P.e. Aparente (Base Seca)			2.690	
Absorción (%)			0.94	

Material: Agregado Fino

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

Tabla N°14. Agregado Grueso:

A	Peso material saturado superficialmente seco (aire) gr.	950.00	950.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	617.00	617.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B) cm ³	333.00	333.00
D	Peso de material seco en estufa gr.	944.80	944.80
E	Volumen de masa (C-(A-D))	327.80	327.80
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.837	2.837
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.853	2.853
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.882	2.882
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.55	0.55
P.e. Bulk (Base Seca :		2.837	
P.e. Bulk (Base Saturada) :		2.853	
P.e. Aparente (Base Seca) :		2.882	
Absorción (%) :		0.55	

Material: Agregado Grueso**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP****ENSAYOS DE PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO****Tabla N°15. Agregado Fino Suelto:**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7600	7620	7610
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4274	4294	4284
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1533	1540	1537
Peso unitario prom.(Kg/m ³)		1537	
Corregido por humedad		1524	

Material: Agregado Fino**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP****Tabla N°16. Agregado Fino Compactado:**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8210	8250	8280
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4884	4924	4954
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1752	1766	1777
Peso unitario prom.(Kg/m ³)		1765	
Corregido por humedad		1750	

ENSAYOS DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO**Tabla N°17. Agregado Grueso Suelto:**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18180	18240	18300
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13060	13120	13180
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1396	1403	1409
Peso unitario prom.(Kg/m ³)		1403	
Corregido por humedad		1389	

Material: Agregado Grueso**Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP****Tabla N°18. Agregado Grueso Compactado:**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20260	20070	20310
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	15140	14950	15190
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1619	1598	1624
Peso unitario prom.(Kg/m ³)		1614	
Corregido por humedad		1598	

ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO Y GRUESO

Tabla N°19. Agregado Fino :

Prueba n°	01	02
Tara n°		
Tara + Suelo Húmedo (gr)	880	920
Tara + Suelo Seco (gr)	874.5	913.5
Peso del Agua (gr)	5.5	6.5
Peso de la Tara (gr)	209.4	167.7
Peso del Suelo Seco (gr)	665.1	745.8
Contenido de Humedad (%)	0.83	0.87
Prom. Contenido Humedad (%)	0.85	

Material: Agregado Fino y Grueso

Tabla N°20. Agregado Grueso:

Prueba n°	01	02
Tara n°		
Tara + Suelo Húmedo (gr)	845	860
Tara + Suelo Seco (gr)	838.5	853.4
Peso del Agua (gr)	6.5	6.6
Peso de la Tara (gr)	166.6	167.7
Peso del Suelo Seco (gr)	671.9	685.7
Contenido de Humedad (%)	0.97	0.96
Prom. Contenido Humedad (%)	0.96	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Tabla N°21. Agregado Grueso:

Peso de la muestra(gr.)	:	5000
Método	:	B
Número de esferas	:	11
Número de revoluciones	:	500
Desgaste (%)	:	13.60

Material: Agregado Grueso

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE CARAS FRACTURADAS

Tabla N°22. Agregado Grueso:

Criterio de fractura	:	Natural
Partículas con una cara fracturada (%)	:	92.40
Partículas con dos o más caras fracturadas (%)	:	76.28
Determinación de porcentaje	:	en peso

Material: Agregado Grueso

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO

Tabla N°23. Agregado Grueso:

2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
3/4"	1/2"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
1/2"	3/8"	1204.6	100	78.9	16	7	61.9	4
3/8"	1/4"	740.0	100	45.3	19	6	38.1	2
TOTALES							100.0	6

INDICE DE ALARGAMIENTO (%) : **8**

Tamiz		Total Partículas Peso		Partículas Alargadas		Indice Alargamiento	Gradación original	Indice Alargamiento corregido (%)
Pasa	Retiene	Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Fracción (%)	(%)	
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
3/4"	1/2"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
1/2"	3/8"	1204.6	200	93.6	37	8	61.91	5
3/8"	1/4"	740.0	200	52.7	48	7	38.09	3
TOTALES							100.0	8

Material: Agregado Grueso

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE EQUIVALENTE DE ARENA

Tabla N°24. Agregado Fino:

Tamaño Máximo mm	4.76	4.76
Muestra N°	1	2
Hora de Entrada	11 : 15' : 12''	11 : 17' : 18''
Hora de Salida	11 : 25' : 12''	11 : 27' : 18''
Hora de Entrada	11 : 28' : 26''	11 : 29' : 45''
Hora de Salida	11 : 48' : 26''	11 : 49' : 45''
Alt. Máx. del Mat. Fino	4.60	4.50
Alt. Máx. de la Arena	3.30	3.30
Equivalente de Arena	71.74	73.33
Equivalente de Arena Promedio%	72.54	

Material: Agregado Fino

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (MALLA #40)

Tabla N°25. Agregado Fino:

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	1	2	3	1	2	3
Nro.de Ensayo						
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Tara (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Suelo Seco (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nro.de Golpes	0	0	0	0.00		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL : % 0.00	LP : % 0.00	IP : % N/P

Material: Agregado Fino

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (MALLA #200)

Tabla N°26. Agregado Fino:

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	1	2	3	1	2	3
Nro.de Ensayo						
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de la Tara (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Suelo Seco (gr)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nro.de Golpes	0	0	0	0.00		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
LL : % 0.00	LP : % 0.00	IP : % N/P

Material: Agregado Fino

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE ANALISIS QUÍMICO

Tabla N°27. Agregado Fino :

MUESTRA	SALES SOLUBLE	
	TOTALES	%
ARENA		
GRUESA	787	0.0787

Tabla N°28. Agregado Grueso:

MUESTRA	SALES SOLUBLE	
	TOTALES	%
GRAVA		
CHANCADA		
1/2"	671	0.0671

Material: Agregado Fino y Grueso

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE ADHESIVIDAD (RIEDEL WEBER)

Tabla N°29. Agregado Fino :

IDENTIFICACION	RESULTADO (GRADO)
	Desprendimiento Parcial - Desprendimiento Total
Cantera: "Rubén (Chimbote)"	0-9
Agregado fino	

Material: Agregado Fino

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

Tabla N°30. Agregado Fino :

IDENTIFICACION	DESCRIPCION	RESULTADO %
Cantera: "Rubén (Chimbote)	Perdida o desgaste del agregado grueso	0.6%
Agregado Grueso 1/2 "		

Material: Agregado Grueso

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYO DE ADHERENCIA (STRIPPING)

Tabla N°31. Agregado Fino :

IDENTIFICACIÓN	REVESTIMIENTO %	CUBRIMIENTO %
Cantera: "Rubén (Chimbote)	100	+ 95
Agregado Grueso 1/2 "		

Material: Agregado Grueso

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

RESULTADOS DE DISEÑO ASFALTICO PATRÓN

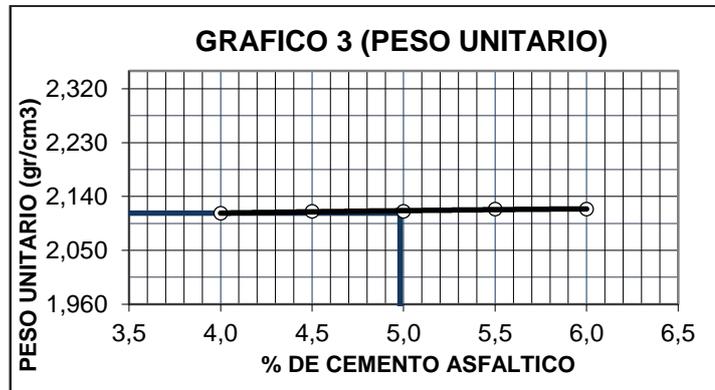
ESPECIFICACIONES DE GRADACIÓN	:	MAC - 2
TIPO DE ASFALTO	:	PEN 60/70
PORCENTAJE DE ÓPTIMO DE A.C.	:	4.98 %

Tabla N 32°. Resultados de Diseño Patròn:

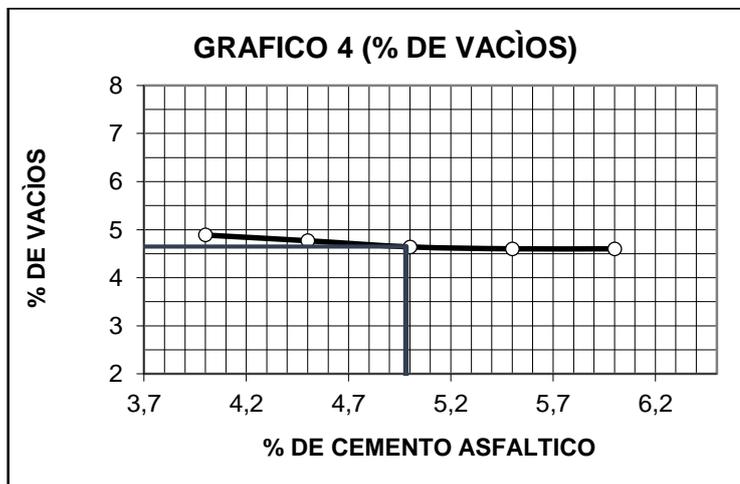
N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	4,0	4,5	5,0	5,5
- PESO ESPECIFICO (Kg/cc.)	2,112	2,115	2,115	2,119
- ESTABILIDAD (Kg.)	1982	2291	2092	2103
- FLUJO (0.01 pul.)	9,40	9,73	10,10	10,77
- VACÍOS DE AIRE (%)	4,89	4,77	4,64	4,60
- VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (%)	21,2	20,7	20,2	21,4
- VACÍOS LLENOS DE C.A. (%)	77,0	77,0	77,0	78

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

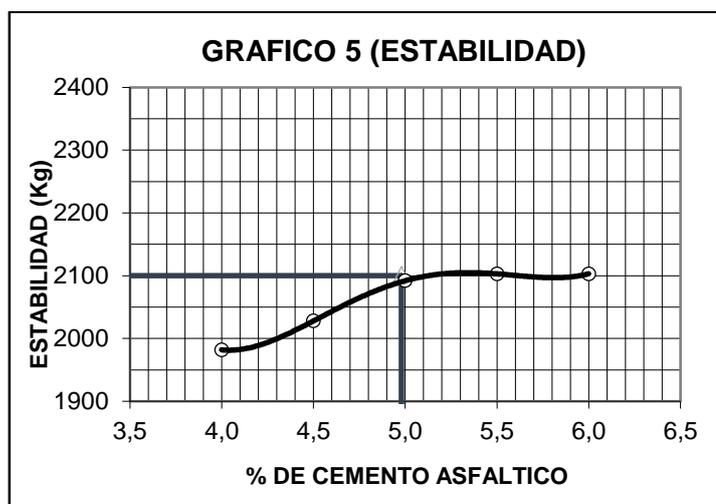
GRAFICOS PATRÓN:



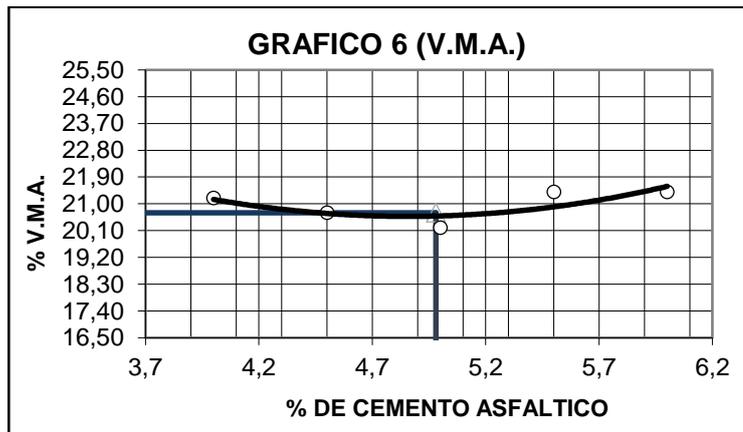
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



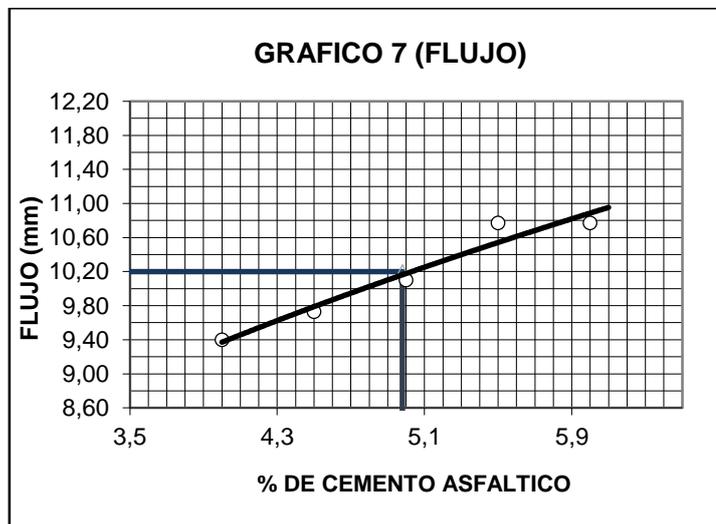
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



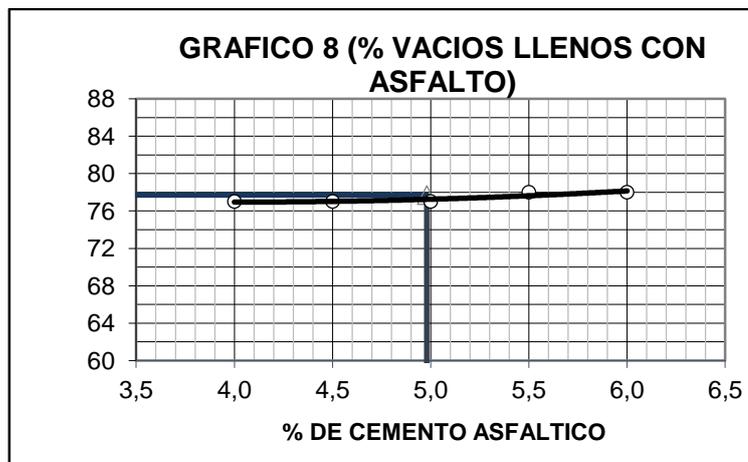
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

RESULTADOS DE DISEÑO ASFALTICO EXPERIMENTAL 11%

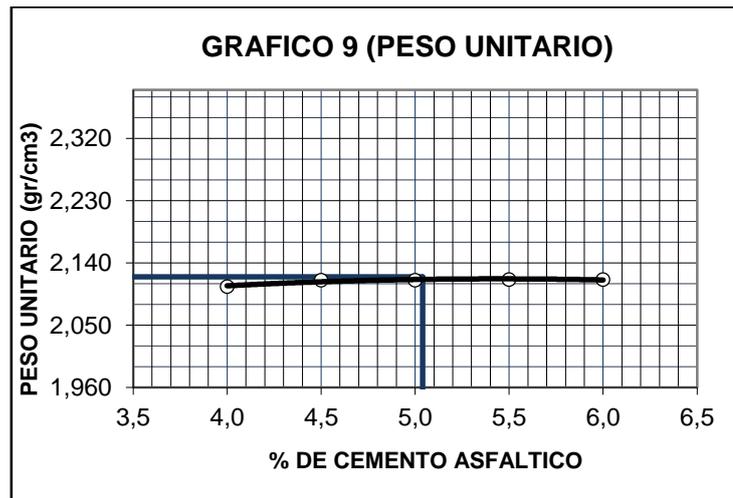
- ESPECIFICACIONES DE GRADACIÓN	:	MAC -
		2
- TIPO DE ASFALTO	:	PEN 60/70
- PORCENTAJE DE ÓPTIMO DE A.C.	:	5.04 %

Tabla N 33°. Resultados de Diseño Experimental:

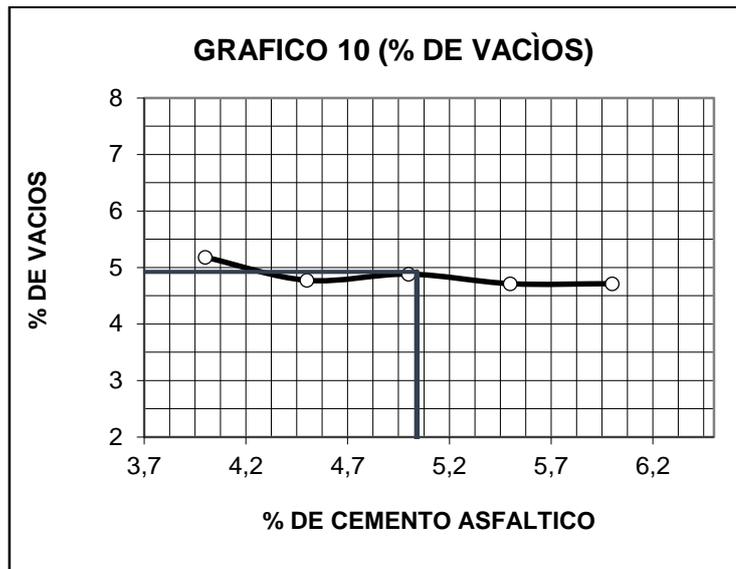
Nº DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	4.0	4.5	5.0	5.5
- PESO ESPECIFICO (Kg/cc.)	2,106	2,115	2,115	2,116
- ESTABILIDAD (Kg.)	1968	2049	2144	2200
- FLUJO (0.01 pul.)	11,17	11,33	11,67	12,10
- VACÍOS DE AIRE (%)	5,18	4,77	4,88	4,71
- VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (%)	21,5	20,7	22,0	21,5
- VACÍOS LLENOS DE C.A. (%)	75,9	77,0	77,8	78,0

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

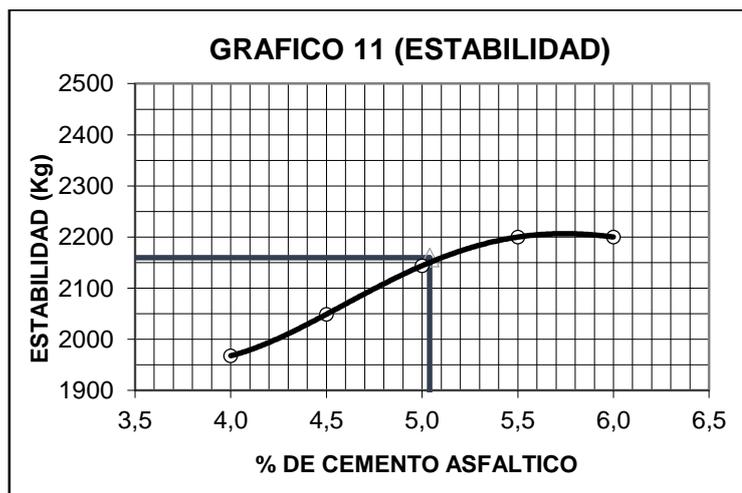
GRAFICOS EXPERIMENTAL:



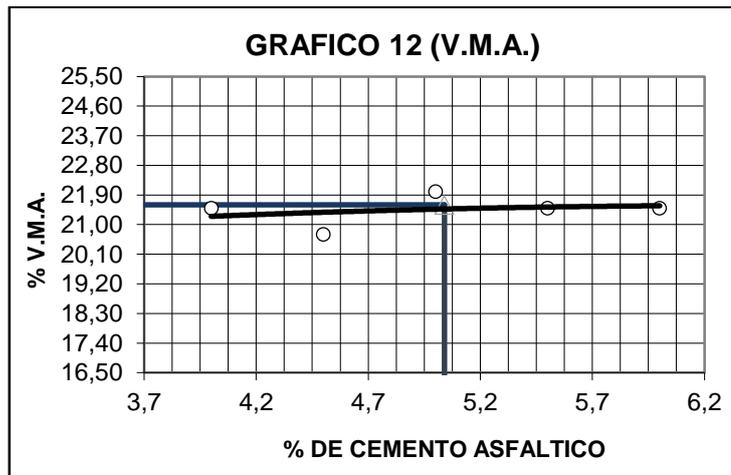
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



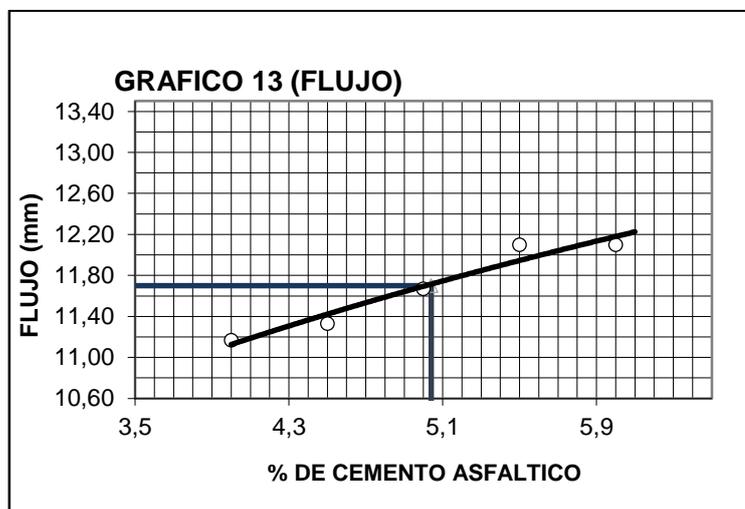
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



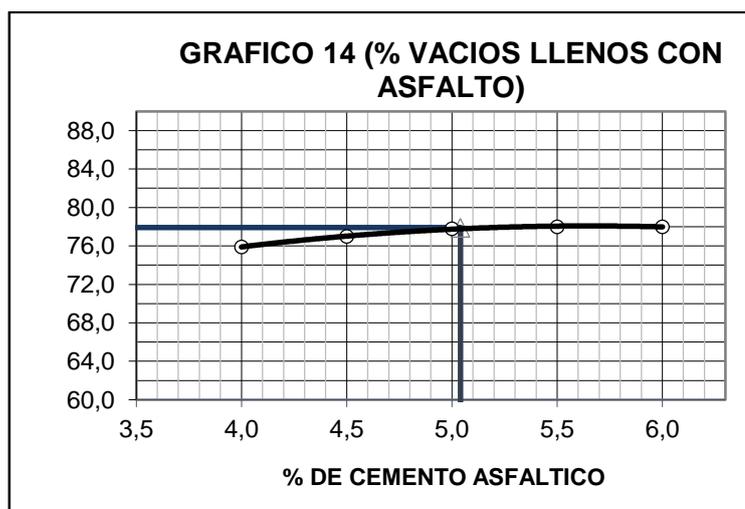
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

ENSAYOS DE MARSHAL

➤ ESTABILIDAD

Tabla N 34°. Estabilidad patrón y experimental :

% CEMENTO ASFALTICO	PATRÓN	11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
4.0%	1982	1968
4.5%	2028	2049
5.0%	2092	2144
5.5%	2103	2200

Grafico 15. Estabilidad patrón y experimental :

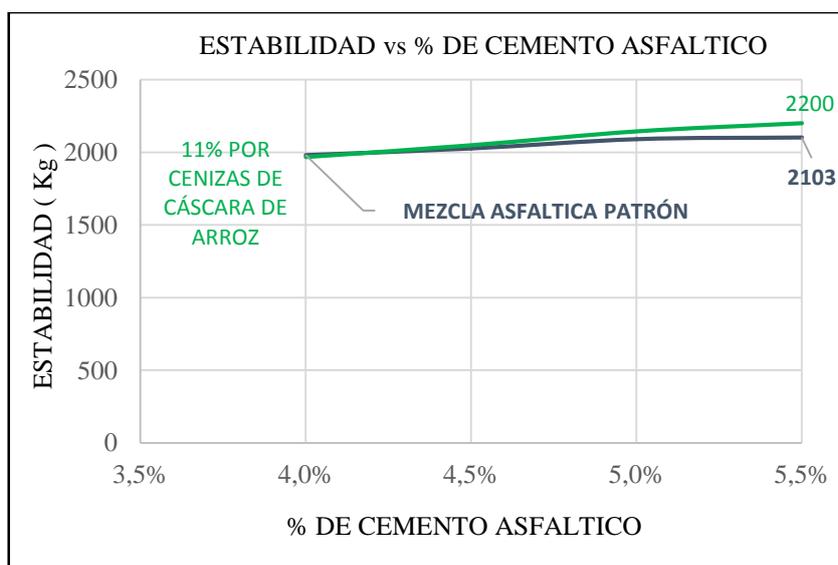


Grafico 15: Se observa en las curvas experimentales va en forma ascendente y la curva patrón también en forma ascendente pero más bajo que la curva experimental

Grafico 16. Estabilidad patrón y experimental :

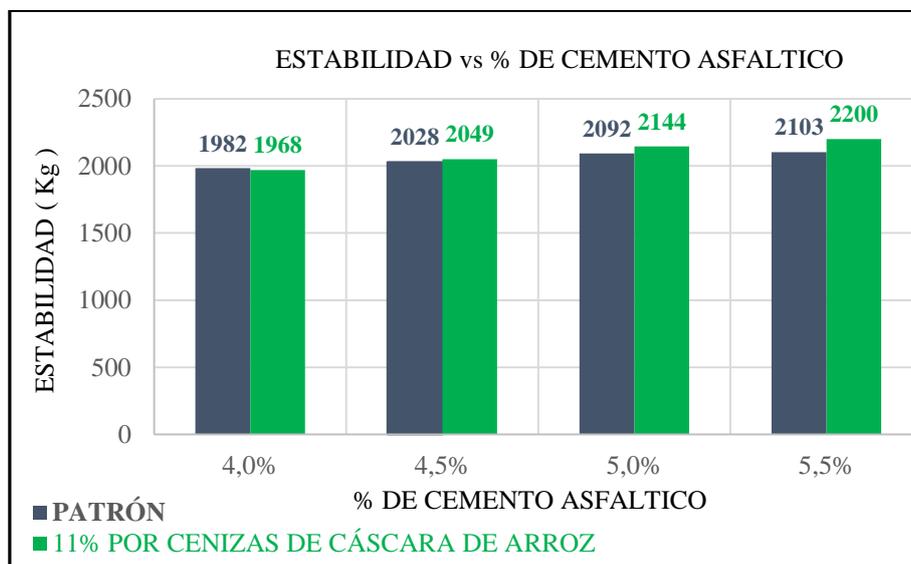


Grafico 16: Se observa en los gráficos a cerca de la estabilidad de la mezcla asfáltica patrón y experimental cumplieron con la norma del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

➤ **PESO UNITARIOº**

Tabla N 35º. Peso Unitario patrón y experimental :

% CEMENTO ASFALTICO	PATRÓN	11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
4.0%	2.112	2.106
4.5%	2.115	2.115
5.0%	2.115	2.115
5.5%	2.119	2.116

Grafico 17. Peso Especifico patrón y experimental :

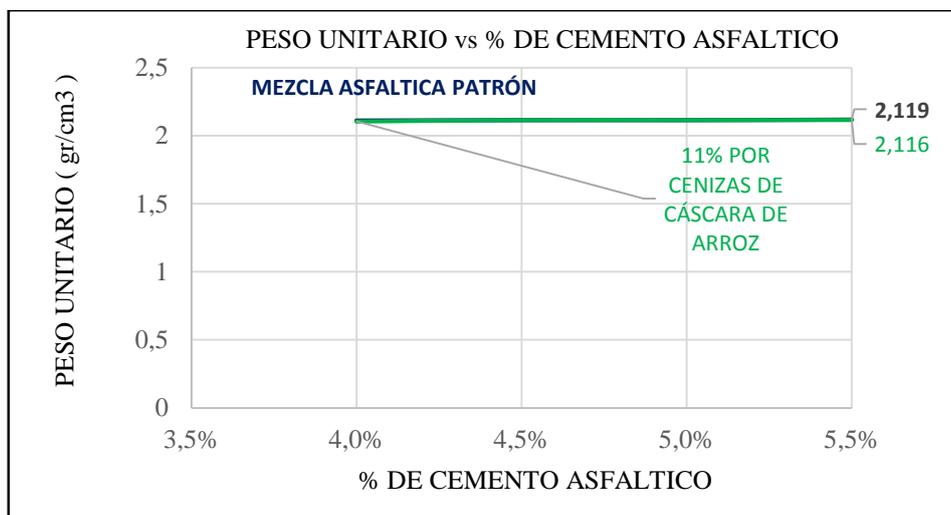


Grafico 17: Se observa en las curvas patrón va en forma ascendente y la curva experimental también en forma ascendente pero más bajo que la curva patrón.

Grafico 18. Peso Unitario patrón y experimental :

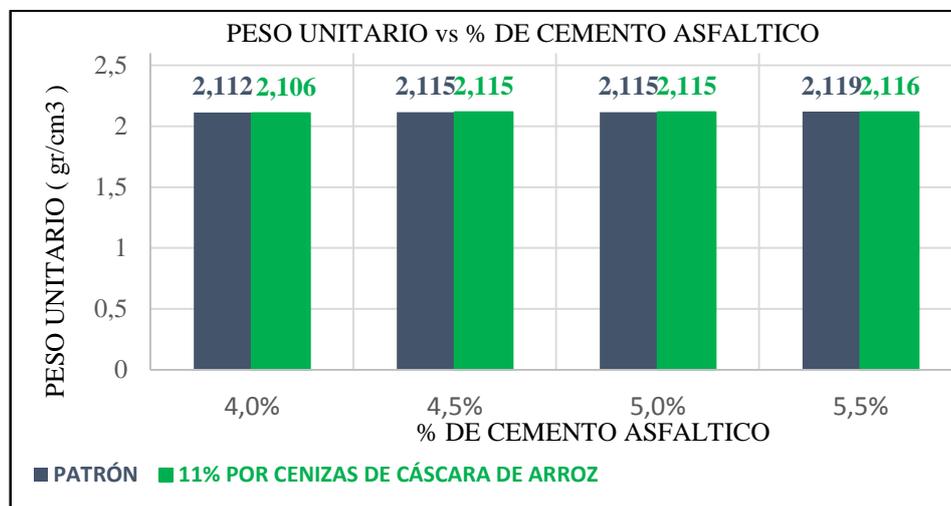


Grafico 18: Se observa en los gráficos a cerca del peso unitario de la mezcla asfáltica patrón y experimental cumplieron con la norma del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC)

➤ FLUJO

Tabla N 36°. Flujo patrón y experimental :

% CEMENTO ASFALTICO	PATRÓN	11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
4.0%	9.40	11.17
4.5%	9.73	11.33
5.0%	10.10	11.67
5.5%	10.77	12.10

Grafico 19. Flujo patrón y experimental :

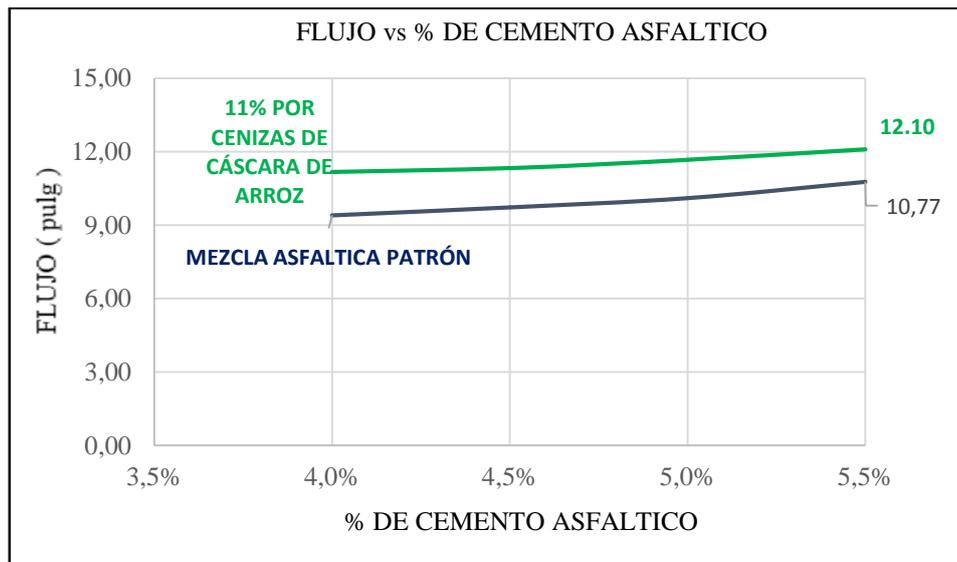


Grafico 19: Se observa en las curvas experimentales va en forma ascendente y la curva patrón también en forma ascendente pero más bajo que la curva experimental

Grafico 20. Flujo patrón y experimental :

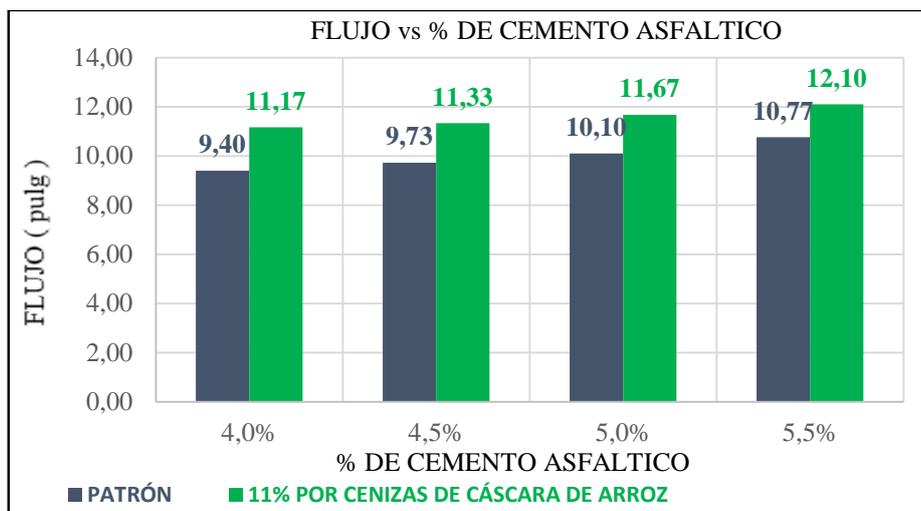


Grafico 20: Se observa en los gráficos a cerca del flujo de la mezcla asfáltica patrón y experimental cumplieron con la norma del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

➤ **% VACÍOS DE AIRE**

Tabla N 37°. Vacíos en Aire patrón y experimental :

% CEMENTO ASFALTICO	PATRÓN	11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
4.0%	4.89	5.18
4.5%	4.77	4.77
5.0%	4.64	4.88
5.5%	4.60	4.71

Grafico 21. %Vacíos de aire patrón y experimental :

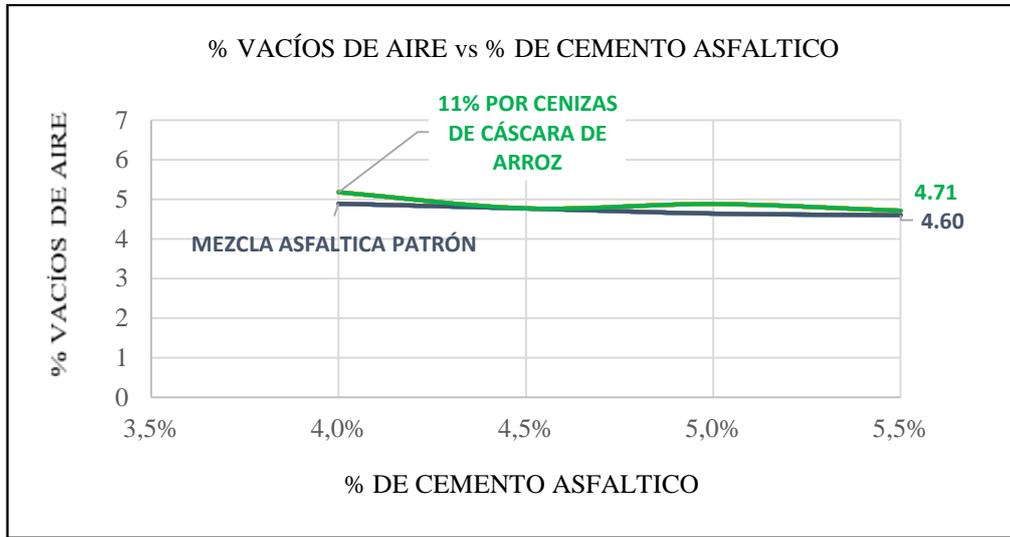


Grafico 21: Se observa en las curvas experimentales va en forma decreciente y la curva patrón también en forma decreciente pero más bajo que la curva experimental

Grafico 22. %Vacíos de aire patrón y experimental :

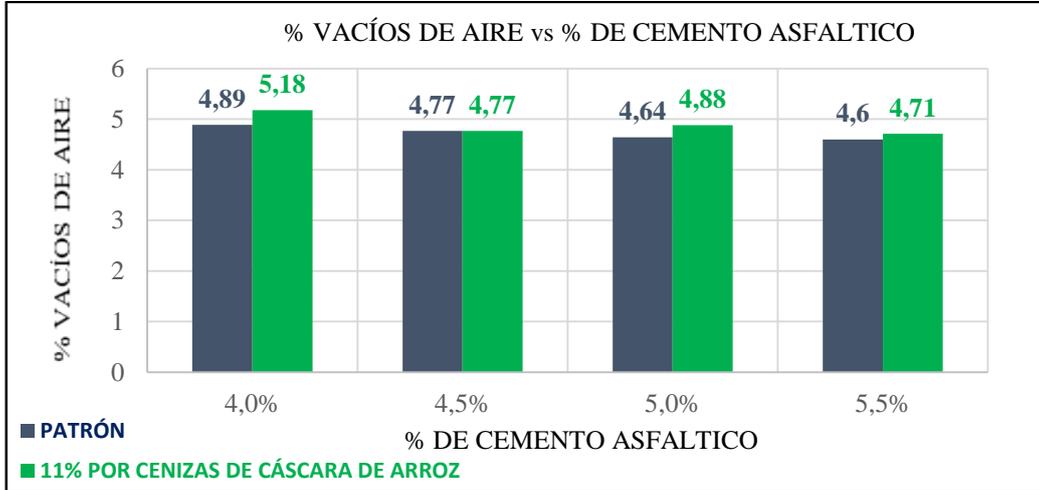


Grafico 22: Se observa en los gráficos a cerca del % de vacíos de aire de la mezcla asfáltica patrón y experimental cumplieron con la norma del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC). Se observa en las curvas experimentales va en forma decreciente y ascendente; curva patrón también en forma decreciente y ascendente pero más bajo que la curva experimental

➤ **% VACÍOS DE AGREGADO MINERAL**

Tabla N 38°. %Vacíos de Agregado Mineral patrón y experimental :

% CEMENTO ASFALTICO	PATRÓN	11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
4.0%	21.2	21.5
4.5%	20.7	20.7
5.0%	20.2	22
5.5%	21.4	21.5

Grafico 23. %Vacíos de Agregado Mineral patrón y experimental :

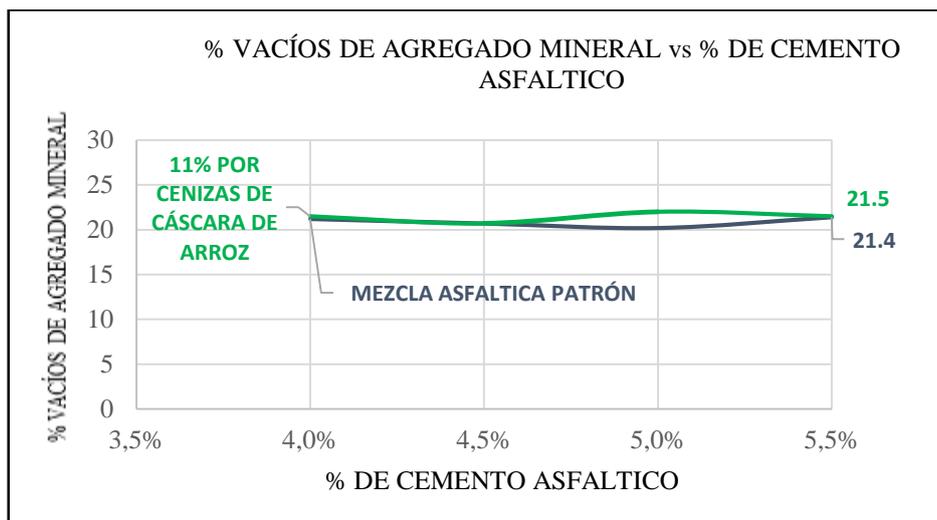


Grafico 23: Se observa en las curvas experimentales va en forma decreciente y ascendente; curva patrón también en forma decreciente y ascendente pero más bajo que la curva experimental

Grafico 24. %Vacíos de Agregado Mineral patrón y experimental :

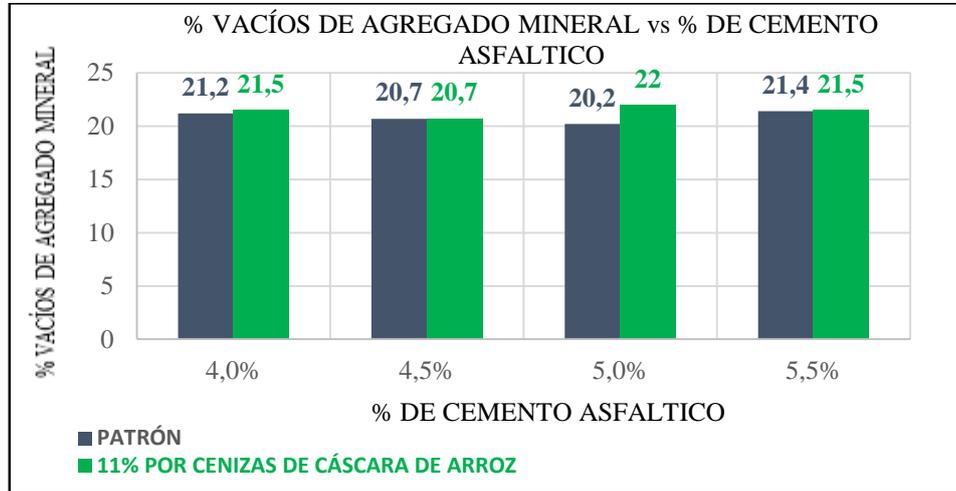


Grafico 24: Se observa en los gráficos a cerca del % de vacíos de agregado mineral de la mezcla asfáltica patrón y experimental cumplieron con la norma del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

➤ **% VACÍOS LLENOS CON ASFALTO**

Tabla N 39°. %Vacíos Llenos con Asfalto patrón y experimental :

% CEMENTO ASFALTICO	PATRÓN	11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
4.0%	77	75.9
4.5%	77	77
5.0%	77	77.8
5.5%	78	78

Grafico 25. %Vacíos Llenos Asfalto patrón y experimental :

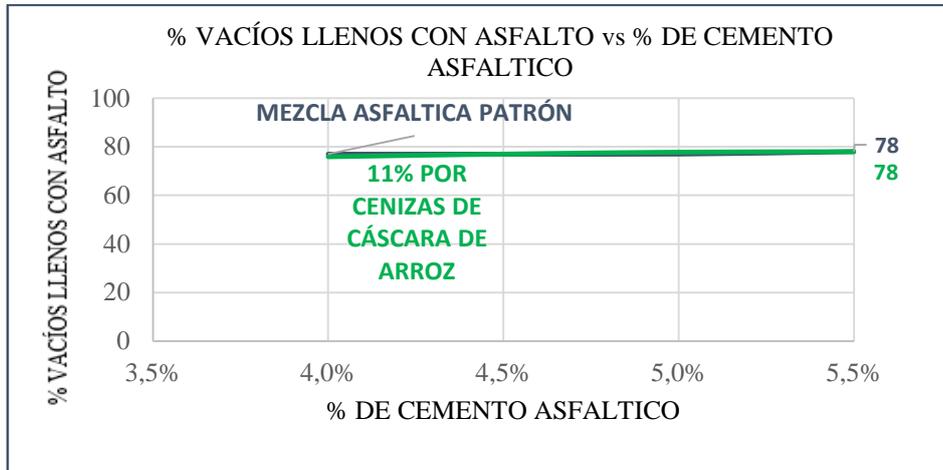


Grafico 25: Se observa en las curvas experimentales va en forma ascendente y la curva patrón también en forma ascendente pero más bajo que la curva experimental

Grafico 26. %Vacíos Llenos Asfalto patrón y experimental :

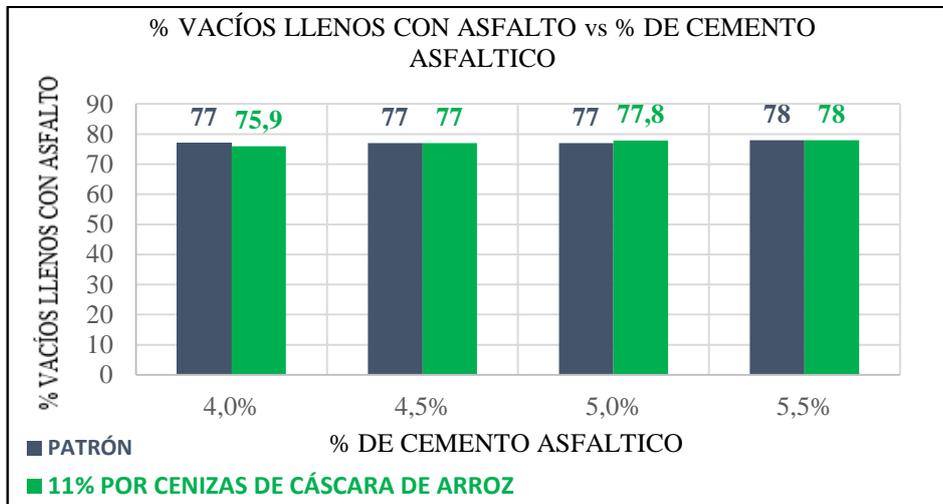


Grafico 26: Se observa en los gráficos a cerca del % de vacíos llenos con asfalto de la mezcla asfáltica patrón y experimental cumplieron con la norma del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN (DISEÑO PATRÓN)

Para hallar la resistencia a la deformación para cada porcentaje de asfalto según el ministerio de transporte y comunicaciones (mtc), donde es la relación de la estabilidad corregida sobre el flujo por (3) como vemos en la fórmula:

$$\text{RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN} = \frac{\text{Estabilidad (kg)}}{\text{Flujo(cm)}} * 3$$

• PARA 4 % DE CEMENTO ASFALTICO

Tabla N 40°. Resultados de Resistencia a la Deformación (4% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	9.8	8.9	9.5	11.2
Flujo (cm)	cm	2.45	2.23	2.38	2.80
Estabilidad (lectura dial de carga)		530	610	560	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	1783	2050	1883	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	1855	2132	1959	1982
Resistencia a la Deformación	Kg/cm	2271	2875	2474	2540

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

• PARA 4,5 % DE CEMENTO ASFALTICO

Tabla N 41°. Resultados de Resistencia a la Deformación (4.5% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	9.8	10.4	9.0	11.3
Flujo (cm)	cm	2.45	2.60	2.25	2.83
Estabilidad (lectura dial de carga)		550	585	605	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	1850	1967	2034	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	1924	2046	2115	2028
Resistencia a la Deformación (Kg/cm)	Kg/cm	2356	2360	2820	2512

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

- **PARA 5 % DE CEMENTO ASFALTICO**

Tabla N 42°. Resultados de Resistencia a la Deformación (5% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	10.7	10.0	9.6	11.3
Flujo (cm)	cm	2.68	2.50	2.40	2.83
Estabilidad (lectura dial de carga)		645	590	560	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	2167	1984	1883	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	2254	2063	1959	2092
Resistencia a la Deformación (Kg/cm)	Kg/cm	2528	2475	2448	2484

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

- **PARA 5,5 % DE CEMENTO ASFALTICO**

Tabla N 43°. Resultados de Resistencia a la Deformación (5,5% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	10.0	10.8	11.5	10.77
Flujo (cm)	cm	2.50	2.70	3.08	2.88
Estabilidad (lectura dial de carga)		640	600	565	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	2150	2017	1900	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	2236	2098	1976	2103
Resistencia a la Deformación (Kg/cm)	Kg/cm	2684	2331	2062	2359

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN (DISEÑO EXPERIMENTAL)

Para hallar la resistencia a la deformación para cada porcentaje de asfalto según el ministerio de transporte y comunicaciones (mtc), donde es la relación de la estabilidad corregida sobre el flujo por (3) como vemos en la fórmula:

$$\text{RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN} = \frac{\text{Estabilidad (kg)}}{\text{Flujo(cm)}} * 3$$

• PARA 4 % DE CEMENTO ASFALTICO

Tabla N 44°. Resultados de Resistencia a la Deformación (4% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	10.0	11.0	12.5	11.2
Flujo (cm)	cm	2.50	2.75	3.13	2.80
Estabilidad (lectura dial de carga)		540	590	570	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	1803	1970	1903	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	1875	2049	1979	1968
Resistencia a la Deformación	Kg/cm	2250	2235	1900	2128

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

• PARA 4,5 % DE CEMENTO ASFALTICO

Tabla N 45°. Resultados de Resistencia a la Deformación (4,5% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	10.0	13.0	11.0	11.3
Flujo (cm)	cm	2.50	3.25	2.75	2.83
Estabilidad (lectura dial de carga)		545	593	620	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	1907	2073	2167	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	1907	2073	2167	2049
Resistencia a la Deformación (Kg/cm)	Kg/cm	2288	1914	2364	2189

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

- **PARA 5 % DE CEMENTO ASFALTICO**

Tabla N 46°. Resultados de Resistencia a la Deformación (5% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	12.0	10.0	13.0	11.3
Flujo (cm)	cm	3.0	2.50	3.25	2.83
Estabilidad (lectura dial de carga)		560	670	610	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	1883	2251	2050	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	1959	2341	2132	2144
Resistencia a la Deformación (Kg/cm)	Kg/cm	1959	2809	1968	2245

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

- **PARA 5,5 % DE CEMENTO ASFALTICO**

Tabla N 47°. Resultados de Resistencia a la Deformación (5,5% ca)

ENSAYOS		CALCULOS			PROMEDIO
		M1	M2	M3	
Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	13.0	11.0	12.3	12.1
Flujo (cm)	cm	3.25	2.75	3.08	2.83
Estabilidad (lectura dial de carga)		630	665	606	
Estabilidad sin Corregir (Kg.)	Kg.	2103	2220	2023	
Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
Estabilidad Corregida	Kg.	2187	2309	2104	2200
Resistencia a la Deformación (Kg/cm)	Kg/cm	2019	2519	2053	2197

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

RESULTADOS DE LA VALIDEZ ESTADISTICO (ANOVA)

Resistencias a la deformación de briquetas con adición de un porcentaje de ceniza de cascara de arroz según porcentaje de asfalto.

Tabla N 48°. Resultados de Resistencia a la Deformacion

Porcentaje asfalto	Resistencia a la deformación las briquetas con un porcentaje de ceniza de cascara de arroz	
	0%	11%
4.0	2540	2128
4.5	2512	2189
5.0	2482	2245
5.5	2359	2197

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N°42 se puede apreciar que las resistencias a la deformación de las briquetas se muestran ligeramente menor cuando se adiciona 11% de ceniza de cascara de arroz.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro-Wilk (con $p > 0.05$ para las dos muestras) y homogeneidad de varianzas con la prueba F ($p = 0.212$, $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en las briquetas para cada tratamiento (adición de un porcentaje de ceniza de cascara de arroz) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la deformación de las briquetas.

Tabla N 49°. Calculo de la Prueba (ANOVA)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Adición de ceniza C.A	93961,125	1	93961,125	4,976	,112
Días de curado	52328,375	3	17442,792	,924	,525
Error	56647,375	3	18882,458		
Total	202936,875	7			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N°43 se puede visualizar que para la adición de ceniza de ceniza de cascara de arroz, el $p\text{-value} > \alpha$ ($p=0.112$, $p > 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis no nula (las resistencias a la deformación medias no son iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias a medias en kg/cm logradas en las briquetas, con adición de ceniza de cascara de arroz en 0%, 11% no son iguales. Es decir, si existe una diferencia significativa entre las resistencias a la deformación medias de las briquetas.

Ensayos de calidad de los agregados

➤ Agregados Gruesos

Tabla N 50°. Agregado según la normas y resultados en laboratorio

Según la Normas		Resultados de Laboratorio	
Ensayos	Requerimiento	Ensayos	Requerimiento
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	10% máx.	Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	0.6 %
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	15% máx.	Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	0.6 %
Abrasión Los Ángeles	35% máx.	Abrasión Los Ángeles	13.60 %
Partículas chatas y alargadas (1)	10% máx.	Partículas chatas y alargadas (1)	8 %
Caras fracturadas dos o mas		Caras fracturadas dos o mas	92.40 %
(≤ 3 millones de Ejes Equivalentes)	40% mín.	(≤ 3 millones de Ejes Equivalentes)	76.28 %
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	Sales Solubles Totales	0.35 %
Absorción	Según Diseño	Absorción	Según Diseño
Adherencia	+95	Adherencia	+95

➤ Agregados Fino

Tabla N 51°. Agregado según la normas y resultados en laboratorio

Según la Norma		Resultados de Laboratorio	
Ensayos	Requerimiento	Ensayos	Requerimiento
Equivalente de Arena	Mínimo 45 %	Equivalente de Arena	Mínimo 45 %
Adhesividad (Riedel Weber)	6 mín.	Adhesividad (Riedel Weber)	6 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	N.P.	Índice de Plasticidad (malla N°40)	N.P.
Índice de Plasticidad(malla N°200)	N.P.	Índice de Plasticidad (malla N°200)	N.P.
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	Sales Solubles Totales	0.5% máx.
Absorción	Según Diseño	Absorción	Según Diseño

IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Si comparamos esta investigación con el estudio realizado por el de Víctor,L(2013) observamos que nos menciona que si la temperatura resulta muy bajo no se consumiría por completo la parte orgánica de la cáscara ;si por el contrario ,resulta excesiva se corre el riesgo de que la sílice sufra un proceso de cristalización ;ambas condiciones supondrían una disminución de la reactividad, pudiendo incluso llegar a convertirla en totalmente inerte. Señalando que las condiciones idóneas se presentan con un quemado entre 350° y 700° C indicando que los valores exactos de temperatura, tiempo y método de enfriamiento, demostrando que las cenizas con mejores características se obtienen con un quemado a 500^a durante 1 hora y media. En mi investigación del ensayo de análisis térmico referencial (ATD) nos da a conocer que en el Grafico 01 la gran capacidad de la cáscara de arroz para desprender material volátil, en el caso se consideró calcinar a 410°C, dado que existe una pérdida de masa 43% durante la combustión. Podemos interpretar lo siguiente que en la primera curva se pierde agua (70-100°C), en la siguientes se pierde materiales volátiles (250-350°C) En la gráfica 02 del pico endotérmico alrededor de los 100°C, que representa la perdida agua absoluta; cerca a los 190 - 250 °C se encuentra un pico endotérmico donde representa la eliminación de material volátiles y alrededor de los 410 °C llega el punto donde se rompe (combustión de carbono).

En la tabla N°10, según el ensayo de fluorescencia de rayos -x dispersiva en energía (FRXDE) de las cenizas de cáscara de arroz en Cambio Puente tiene un buen comportamiento puzolánico ya que la composición química expresada en oxido de (Calcio + Silicio + Aluminio + Hierro = 94.725 %)donde al adicionar hace que este material de las cenizas de cáscara de arroz tienen una interesantes propiedades al combinarlo con cal formando un conglomerante puzolánico y de importantes resistencias mecánica, donde el Sílice con un (91.855%);este componente mejora las características de la mezcla asfáltica y disminuye la permeabilidad de la mezcla asfáltica e incrementa a sus propiedades mecánica. Se puede apreciar el contenido de Calcio (Ca) con un 0.891%, conocido también como cal viva donde este componente

tiene la característica de otorgar durabilidad a la mezcla asfáltica. También está presente el Potasio (K) con un (3.745%) esto se debe a los fertilizantes que se utilizan cuando lo cultivan; este componente tiene la característica de ser deliquescente (que tiene una fuerte afinidad química por la húmedas y que aborden cantidades relativamente altas de cemento asfáltico)

Los componentes en menor cantidades que forman parte de los compuestos químicos del asfalto como Azufre(S) 0.330%; Arsénico(As) 0.005%; Níquel(Ni) 0.001% y Titanio(Ti) 0.01% se pudieron observar en los resultados obtenidos de la fluorescencia de rayos x.

Los ensayos de calidad de los agregados fino y grueso de acuerdo con la norma se compararon con los ensayos obtenidos en el laboratorio y se discutió acerca del resultado obtenidos

Se observa en la tabla N°50 a cerca de los agregados gruesos han cumplido todos los requisitos, ya que están en los parámetros técnicos de la norma, donde los agregados del lugar de la cantera Rubén estuvieron apropiados para realizar esta investigación, debido que tuvo el agregado grueso tamaño máximo nominal apropiado ya que no se debe tener un agregado muy grande ni pequeño por eso se controló con los distintos ensayos de control de la calidad del agregado grueso donde se analizó este aspecto, porque eso se obtuvo buenos resultados, así como se obtuvo la disminución la deformación del pavimento.

Se observa en la tabla N°51 a cerca de los agregados finos han cumplido todos los requisitos, ya que están en los parámetros técnicos de la norma, donde los agregados del lugar de la cantera Rubén estuvieron apropiados para realizar esta investigación, debido que tuvo los porcentajes controlados de finos ya que debido a los finos se realizó los porcentajes del diseño asfáltico es por eso que se analizó este aspecto de los finos porque eso se obtuvo buenos resultados, así como se obtuvo la disminución la deformación del pavimento.

La resistencia a la deformación se realizó unas gráficas para comparar los resultados obtenidos tanto patrón como experimental donde podemos observar en los gráficos los datos obtenidos en laboratorio

Grafico 27. %Resistencia a la Deformación patrón y experimental :

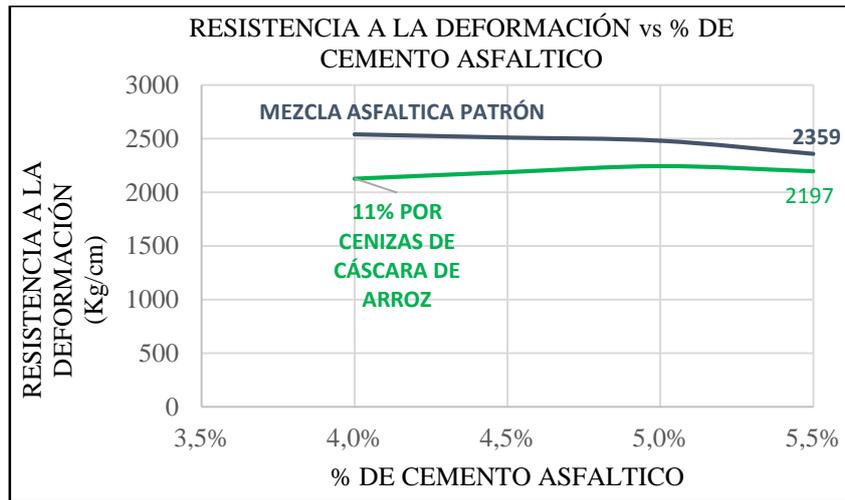


Grafico 27: Se observa en las curvas tanto patrón y experimental que hay un descenso con respecto a la resistencia a la deformación, donde la curva experimental desciende más que la curva patrón, donde se observa que la curva experimental de donde se puede observar que ambas curvas cumplen con la norma según el ministerio de transporte.

Grafico 28. %: Resistencia a la Deformación patrón y experimental :

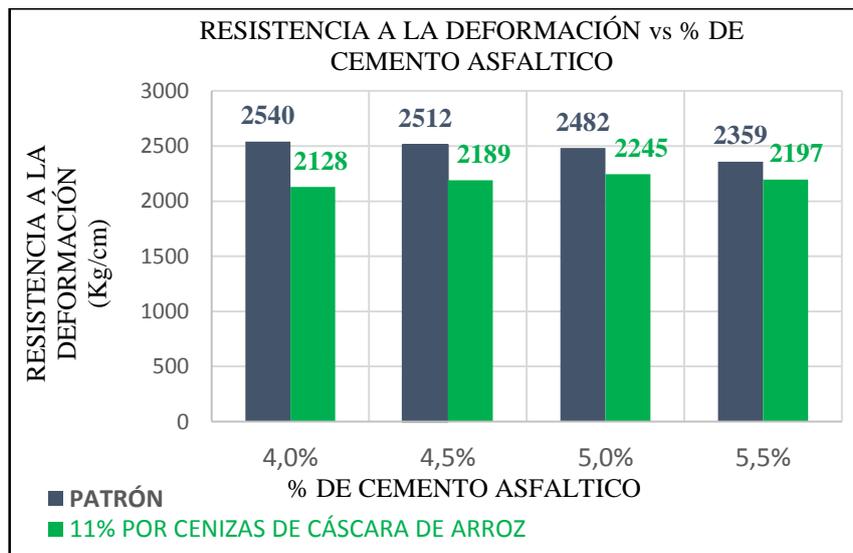


Grafico 28: Se observa en los gráficos a cerca de la resistencia a la deformación que la mezcla asfáltica experimental disminuye con respecto a la mezcla asfáltica patrón en cada porcentaje del cemento asfáltico; debido que en la mezcla experimental bajo la deformación debido que se adiciono 11 % de cenizas de cascara de arroz donde la mezcla asfáltica en caliente se han adherido satisfactoriamente por sus componentes químicos que contiene las cenizas de cáscara de arroz que contienen componentes similares al asfalto como el azufre,arsénico,titanio,calcio y hierro; donde esto ayudo en la mezcla asfáltica experimental tenga una disminución de la deformación de la carpeta asfáltica así logrando que el pavimento este más estable que en la mezcla patrón , ya que los resultados obtenidos en el experimental existe menor deformación ya que esto ayudara a evitar diferentes problemas la carpeta asfáltica como ondulaciones, rajaduras y hasta rompimiento en la carpeta asfáltica debido al tránsito y al clima como las lluvias, donde podemos con el material de nuestra región como la cascara de arroz tener un material primo donde eso ayudara a mantener una mejor carpeta asfáltica que la convencional.

V CONCLUSIONES

1.-Se logró la activación térmica de los precursores puzolánicos de las cenizas de cáscara de arroz a una temperatura de calcinación controlada de 410 ° c en un periodo de 1 hora.

2.-De acuerdo con el análisis de fluorescencia de rayos – x dispersiva en energía (FRXDE), presentado en la composición química de la ceniza de cáscara de arroz obtenida en los experimentos de combustión para las condiciones de trabajo implementadas, mostraron como principal componente el Sílice con un (91.855%); este componente mejora las características de la mezcla asfáltica y disminuye la permeabilidad de la mezcla asfáltica e incrementa a sus propiedades mecánica. Se puede apreciar el contenido de Calcio (Ca) con un 0.891%, conocido también como cal viva donde este componente tiene la característica de otorgar durabilidad a la mezcla asfáltica. También está presente el Potasio (K) con un (3.745%) esto se debe a los fertilizantes que sé que se utilizan cuando lo cultivan; este componente tiene la característica de ser delicuescente (que tiene una fuerte afinidad química por la húmedas y que aborden cantidades relativamente altas de cemento asfaltico). Los componentes en menor cantidades que forman parte de los compuestos químicos del asfalto como Azufre(S) 0.330%; Arsénico(As) 0.005%; Níquel(Ni) 0.001% y Titanio(Ti) 0.01% se pudieron observar en los resultados obtenidos de la fluorescencia

3.-Los agregados gruesos y agregado fino han cumplido todos los requisitos, ya que están en los parámetros técnicos de la norma, donde los aspectos de los agregados del lugar de la cantera Rubén estuvieron apropiados para realizar esta investigación, debido que tuvo el agregado grueso su tamaño máximo nominal apropiado ya que no se debe tener un agregado muy grande ni pequeño por eso se controló con los distintos ensayos de control de la calidad del agregado grueso y mientras los agregados finos estuvieron apropiados para realizar la investigación, debido que tuvo los porcentajes controlados de finos ya que debido a los finos se realizó los porcentajes del diseño asfaltico es por eso que se analizó este aspecto de los finos porque eso se obtuvo buenos resultados,

4.-Según los resultados del ensayo Marshall en cada porcentaje de asfalto la resistencia a la deformación en el ensayo patrón es más elevada ,mientras en el ensayo experimental disminuyo la resistencia a la deformación con un 11 % de cenizas de cascara de arroz ,por lo que se concluyó que al adicionar a la mezcla asfáltica cenizas de cascara de arroz mejora y logra que el pavimento este más estable donde disminución de la deformación de la carpeta asfáltica para que así tenga más tiempo de duración y vida útil que la mezcla asfáltica convencional al adicionar cenizas de cascara de arroz.

5.-La validez estadístico se puede visualizar que para la adición de la ceniza de cáscara de arroz, el p-valué $> \alpha$ ($p=0.112$, $p> 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis no nula (las resistencias a la deformación medias no son iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias a medias en kg/cm logradas en las briquetas, con adición de ceniza de cáscara de arroz en 0%, 11% no son iguales. Es decir, si existe una diferencia significativa entre las resistencias a la deformación medias de las briquetas.

VI RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar en el diseño de carreteras adicionar el 11 % de cascara de arroz para mezclas asfálticas en caliente ya que cumple con las especificaciones de estabilidad y flujo según las especificaciones técnicas del manual de carreteras MTC-EG 2013, Cap. IV pavimentos en caliente.
- Tener en cuenta en el proceso de mezclado de los agregados piedra, arena con cal y pen 60 - 70 se deberá realizar lo más rápido posible, con la temperatura adecuada donde podremos controlar hasta obtener una mezcla asfáltica completa y homogénea
- En cuanto a los agregados se recomienda que el agregado fino tenga una gradación bien controlada, para este tipo de diseños asfálticos en caliente, debido que debe tener un porcentaje controlados de finos.
- Se recomienda verificar el asfalto antes de realizar los ensayos, debido que puede estar adulterado, donde estoy podría ser perjudicial al momento del mezclado de los materiales, debido que el asfalto a esta adulterado no podría tener la facilidad de mezclarse con los demás materiales y podría obtener resultados nada favorables

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asphalt Institute (1982), Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Serie de manuales N°22(MS-22).Kentucky. USA.
- ASTM C-88. (2013). Durabilidad de Sulfato de Magnesio y Sodio Agregado Grueso.
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf
- ASTM C-127. (2004). Gravedad Específica Y Absorción Agregado Grueso.
Recuperado de <https://es.slideshare.net/Jayagupta286/astm-c127>
- ASTM C-128. (2004). Gravedad Específica Y Absorción Agregado Fino.
Recuperado de <https://es.slideshare.net/Jayagupta286/astm-c128>
- ASTM D-2216. (2010). Contenido De Humedad Agregado Fino. Recuperado de <https://prezi.com/uhr7gilisqrg/contenido-de-humedad-astm-d2216/>
- Castro, D (2013) Incidencia de la ceniza de cascara de arroz en el asfalto para una mezcla asfáltica (Tesis para optar el título de Ingeniería Civil), Universidad de Ibagué coruniversitaria,Colombia Recuperado de <https://prezi.com/mqx14gxf7f2j/untitled-prezi/>
- Especificaciones técnicas generales para construcción peruana, (EG-2013)
Pavimento de concreto asfaltico en caliente

Higuera, S. (2015). El estado de las vía de pavimentos flexibles y su incidencia en la circulación de tránsito pesado de la planta Holcin Latacunga del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi. (Tesis para Bachiller Ingeniería Civil) Universidad Católica, Ecuador Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2650.pdf

López, V. (2013). Nuevos conglomerantes basados en cenizas de cáscara de arroz (tesina) Universidad Politécnica de Valencia, España Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/44663/tesina%20victor%20m%20lopez%20toledo%20nuevos%20conglomerantes%20basados%20en%20ceniza%20de%20c%3%81scara%20de%20arroz.pdf?sequence=1>

Menéndez, J.R (20 12) Ingeniería de pavimentos y materiales, diseño y conservación. Perú, Instituto de la construcción y gerencia

Miranda, R. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos (Tesis para optar el título de Ingeniería Constructor) Universidad Austral, Chile Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>

MTC E-110 (2013). Determinación de Limite Liquido de los suelos Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-111 (2013). Determinación de Limite de Plástico (LP) de los suelos e Índice de Plasticidad. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-204(2013) Análisis Granulométrico de Agregado Fino y Grueso Recuperado

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-207 (2013). Abrasión los Ángeles Agregado Grueso Recuperado de

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-209 (2013). Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio
Agregado Fino Recuperado de

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-210 (2013). Porcentaje Fracturadas en el Agregado Grueso Recuperado

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-219 (2013). Sales Solubles Totales Agregado grueso y fino Recuperado de

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-220(2013). Adhesividad de los Ligantes Bituminosos a los Áridos Fino
(Procedimiento de Riedel Weber) Recuperado de

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-221(2013). Índice de Aplanamiento y Alargamiento Agregado Grueso

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-223(2013). Partículas Chatas y alargadas Agregado Grueso

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MTC E-517(2013). Revestimiento y Desprendimiento de mezcla Recuperado de

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

ANEXOS Y APENDICE

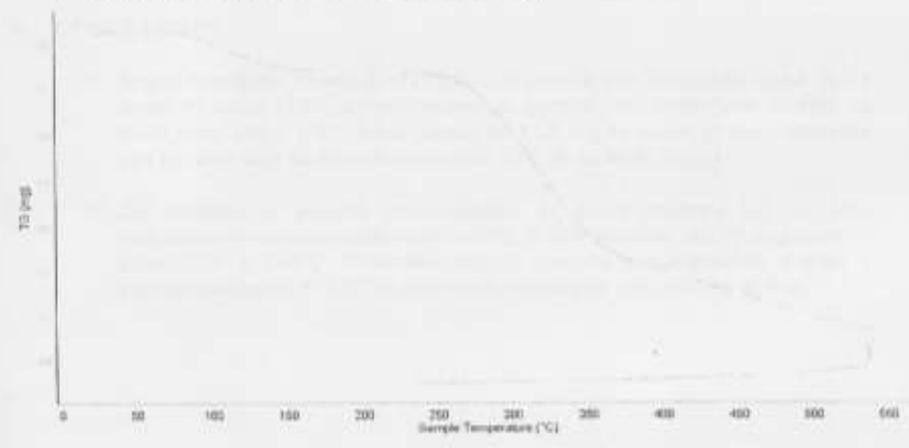


Trujillo, 03 de Octubre del 2016

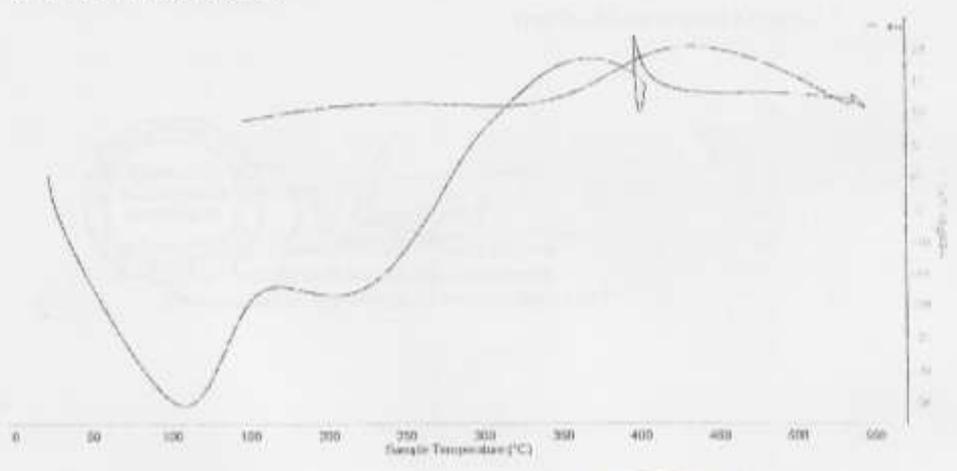
INFORME N° 22 - SET-16

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica DSC



Tel: 44-2036100407009001068900003 | Calle Pío delgado 1000 - J. A. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú





Trujillo, 03 de Octubre del 2016

INFORME N° 22 - SET-16

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una pérdida de masa ligera desde 90 hasta 110°C posteriormente se percibe otra importante pérdida de masa entre 280 y 330°, hasta quedar en 11.8 mg de masa, lo que representa una pérdida total de aproximadamente 50% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente 100°C, y una pequeña región endotérmica entre 170° y 250°C. Posteriormente se muestra una transición térmica a aproximadamente 410 °C lo que podría resultar en una cambio de fase.

Trujillo, 03 de octubre del 2016




Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°108-LAQ/2018

Análisis de una muestra de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de arroz a pedido del Sr. Bach. **Castillo López, Jordán Elvis**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a la Deformación de una Mezcla Asfáltica en Caliente con Adición de un 11% por Cenizas de Cáscara de Arroz.”

La muestra fue calcinada a 410°C y está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. El espectro se acumuló durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3180 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg ($Z=12$) no pueden ser registrados en el espectro. La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por los elementos que contiene la muestra.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio, selenio y bromo, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de las muestras se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

La Figura 1 muestra el espectro de FRXDE de la muestra de ceniza de cáscara de arroz en línea roja en escala semi-logarítmica. La línea azul representa el espectro simulado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

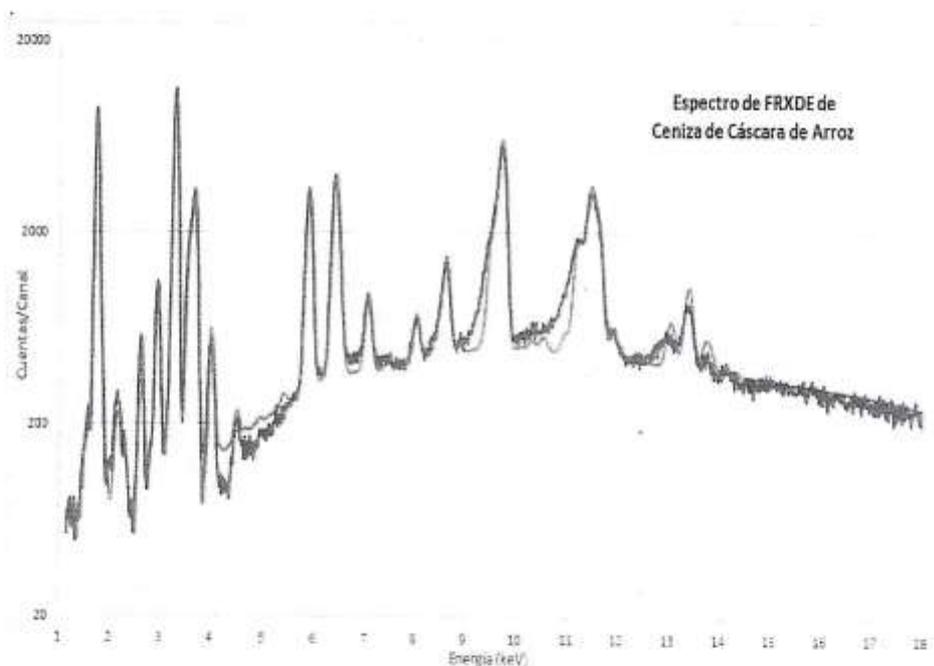


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de cáscara de arroz en escala semi-logarítmica representado por una curva de color rojo. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva azul representa el espectro simulado.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de la muestra de ceniza de cáscara de arroz. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos de los elementos presentes y normalizadas al 100%. Pero debe de recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

La suma de las concentraciones de los óxidos es ligeramente mayor que 100% indicando que pueden estar presentes otros compuestos que los óxidos considerados i/o se presenta una deficiencia en la calibración del instrumento.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de cáscara de arroz en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	1.884	1.782
SiO ₂	97.088	91.855
SO ₂	0.349	0.330
ClO ₂	1.007	0.953
K ₂ O	3.959	3.745
CaO	0.941	0.891
TiO ₂	0.010	0.010
Cr ₂ O ₃	0.004	0.003
MnO	0.211	0.200
Fe ₂ O ₃	0.208	0.197
Ni ₂ O ₃	0.001	0.001
CuO	0.00t	0.005
ZnO	0.025	0.023
As ₂ O ₃	0.005	0.005
Totales	105.697	100.00

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos,
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 27 de junio del 2018





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN
 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 28-08-2018

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	9.0	1.2	98.8
N° 8	2.36	72.0	9.6	89.2
N° 16	1.18	163.0	21.0	67.4
N° 30	0.60	201.0	26.9	40.5
N° 50	0.30	145.0	19.4	21.1
N° 100	0.15	122.0	15.3	4.7
N° 200	0.08	25.3	3.4	1.4
PLATO	ASTM C-117-04	10.2	1.4	0.0
TOTAL		747.5	100.0	

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.78

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos: Lino y Arcilla Arena: Fina, Medía, Gruesa Fina

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)**

SOLICITA : BACH CASTILLO LOPEZ JORGAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE UN
 11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 29-06-2018

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N° 2	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 W	85.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2	90.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 W	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4	19.100	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8	12.500	334.0	38.1	38.1	61.9
3/16	9.500	130.5	14.9	53.0	47.0
N° 4	4.750	255.9	29.2	82.2	17.8
N° 5	2.500	137.1	15.6	97.8	2.2
N° 16	1.180	15.7	1.8	99.6	0.4
N° 30	0.600	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 50	0.300	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 100	0.150	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 200	0.075	0.0	0.0	99.6	0.4
PLATO	ASTM C-111-04	3.2	0.4	100.0	0.0
TOTAL		878.4	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	10"
Huso	N° 567 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La muestra tomada identificada por el solicitante.



Fines Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Meda	Gruesa	Fina	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 J. J. J. J.
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 1698



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA: BACH CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS: RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE UN
 11% POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA: R.BCH
 MATERIAL: ARENA GRUESA
 FECHA: 26-08-2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (are)	gr	300.00	300.00
B	Peso de picnómetro + agua	gr	966.70	966.70
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	966.70	966.70
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr	853.40	853.40
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C+D)	cm ³	113.30	113.30
F	Peso de material seco en estufa	gr	297.20	297.20
G	Volumen de masa (E-A-F)		110.50	110.50
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.623	2.623
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.648	2.648
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.690	2.690
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)		0.94	0.94

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.623
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.648
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.690
 Absorción (%) : 0.94



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH.CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN
 11% POR CENZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 28-08-2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)		950.00	950.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)		617.00	617.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)		333.00	333.00
D	Peso de material seco en estufa		944.80	944.80
E	Volumen de masa (C-(A-D))		327.80	327.80
G	P.e. Bulk (Base Seca)	D/C	2.837	2.837
H	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/C	2.853	2.853
I	P.e. Aparente (Base Seca)	D/E	2.882	2.882
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		0.55	0.55

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.837
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.853
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.882
 Absorción (%) : 0.55

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Chimbote / Perú
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

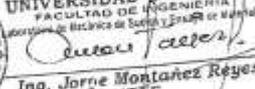
SOLICITA : BACH. CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN
 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 28-08-2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7600	7620	7610
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4274	4294	4284
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1533	1540	1537
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1537		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1524		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8210	8250	8280
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4884	4924	4954
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1752	1766	1777
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1765		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1750		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH-CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN
 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 28-08-2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	10180	18240	18300
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13060	13120	13180
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1396	1403	1409
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1403		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1389		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	20260	20070	20310
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	15140	14950	15190
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1619	1598	1624
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1614		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1598		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez-Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA BACH CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN
 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA RUBEN
 MATERIAL ARENA GRUESA
 FECHA 28-09-2018

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	880	920	
TARA + SUELO SECO (gr)	874.5	913.5	
PESO DEL AGUA (gr)	5.5	6.5	
PESO DE LA TARA (gr)	299.4	107.7	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	665.1	745.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.83	0.87	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.85	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 JEFATURA
 Ing. Jorge Montañez-Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN
 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 28-08-2018

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	845	860	
TARA + SUELO SECO (gr)	838.5	851.4	
PESO DEL AGUA (gr)	6.5	6.5	
PESO DE LA TARA (gr)	166.6	167.7	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	671.9	685.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.97	0.96	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.96	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**RESISTENCIA A LA ABRASION
(MAQUINA DE LOS ANGELES)**

SOLICITA : BACH-CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 28/09/2018

Peso de la muestra (gr.) : 5000
Método : B
Número de esferas : 11
Número de revoluciones : 500
Desgaste (%) : 13.60

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Legatura
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

CARAS FRACTURADAS

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE
11% POR CENIZAS DE GASCARA DE ARROZ
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 28/06/2018

Criterio de fractura	:	Natural
Partículas con una cara fracturada (%)	:	92.40
Partículas con dos o mas caras fracturadas (%)	:	76.28
Determinación de porcentaje	:	en peso

ESPECIFICACIONES El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 5821.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

EQUIVALENTE DE ARENA

SOLICITA : BACHICASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN
 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : AGREGADO FINO
 FECHA : 28/08/2019

TAMAÑO MAXIMO mm	4.75	4.75
MUESTRA N°	1	2
HORA DE ENTRADA	11 : 15 : 12"	11 : 17 : 18"
HORA DE SALIDA	11 : 25 : 12"	11 : 27 : 18"
HORA DE ENTRADA	11 : 28 : 26"	11 : 29 : 45"
HORA DE SALIDA	11 : 48 : 26"	11 : 49 : 45"
Ar. Máx del mat. Fino	4.80	4.50
Ar. Máx de la arena	3.30	3.30
EQUIVALENTE DE ARENA	71.74	73.33
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	72.54	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 2419.

NOTA : La muestra fue traída por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE L
 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO
 FECHA : 28/08/2018

Tamiz	Retene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Indice Alargamiento Fracción (%)	Gradación original (%)	Indice Alargamiento corregido (%)
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"					0	0.0	0
1"	3/4"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
3/4"	1/2"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
1/2"	3/8"	1204.6	100	76.9	16	7	81.9	4
3/8"	1/4"	740.0	100	45.3	19	6	38.1	2
TOTALES							100.0	6

INDICE DE ALARGAMIENTO (%) : 8

Tamiz	Retene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Indice Alargamiento Fracción (%)	Gradación original (%)	Indice Alargamiento corregido (%)
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
3/4"	1/2"	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0
1/2"	3/8"	1204.6	200	93.6	37	8	61.91	5
3/8"	1/4"	740.0	200	52.7	48	7	38.09	3
TOTALES							100.0	8

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño MTC - E221



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Montaña Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

ANALISIS QUIMICO

SOLICITA : BACH.CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASPALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11%
POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
FECHA : 29/08/2018

MUESTRA	SALES SOLUBLES TOTALES (PPM)	(%)
GRAVA CHANCADA 1/2"	671	0.0671

MUESTRA	SALES SOLUBLES TOTALES (PPM)	(%)
ARENA GRUESA	787	0.0787



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO N° 1 3 7 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE :	JORDAN ELVIS CASTILLO LOPEZ	MUESTRA :	Agregados
DOMICILIO LEGAL :	Viña del Mar "A" "25" - Chimbote	IDENTIFICACIÓN :	El que se indica
PROYECTO :	"Resistencia a la Deformación de una Mezcla Asfáltica en Caliente con Adición de un 11% por Ceniza de Cáscara de Arroz".	CANTIDAD :	50 Kg
REFERENCIA :	REC N° 106 - 2018 - FPL - 501 - G.	PRESENTACIÓN :	Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN :	2018.06.18	FECHA ENSAYO :	2018.05.29 al 31.

MALLAS		DENOMINACIÓN	Cantera Ruben (Chimbote) Agregado Grueso 1/2"					
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)				
3"	76.200	NTP 400.012 (2 013)						
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400				100			
3/4"	19.050			35	65			
1/2"	12.700			32	33			
3/8"	9.525			11	22			
1/4"	6.350			12	10			
N° 6	4.750			4	6			
N° 8	3.350			-	6			
N° 10	2.300			-	6			
N° 16	1.190			-	6			
N° 20	0.840			-	6			
N° 30	0.590			-	6			
N° 40	0.425			-	6			
N° 50	0.297			-	6			
N° 80	0.177			-	6			
N° 100	0.149			-	6			
N° 200	0.074			-	6			
- N° 200	-	NTP 400.018 (2013)	6	-				

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2018.06.18
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la responsabilidad del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.


LABORATORIO

DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 1 3 7 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE : JORDAN ELVIS CASTILLO LOPEZ MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : Villa del Mar "A" "25" - Chimbote IDENTIFICACIÓN : El que se indica
 PROYECTO : "Resistencia a la Deformación de una Mezcla Asfáltica en Caliente con Adición de un 11% por Ceniza de Cáscara de Arroz". CANTIDAD : 50
 REFERENCIA : REC N° 108 - 2018 - FPL - 501 - G. PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.06.18 FECHA DE ENSAYO : 2018.05.29 al 2018.06.11

NTP 400.016 (2 016) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*).		
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Cantera Ruben (Chimbote) Agregado Grueso 1/2"	Pérdida o desgaste del agregado grueso	0,6

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-88 (2 013) "Aggregate. Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2018.06.18
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-99/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
 Lima, 25 de Junio de 2018





00000003

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO N° 137 - 2018 - MTC/14.01**

SOLICITANTE : JORDAN ELVIS CASTILLO LOPEZ. **MUESTRA** : Agregados.
DOMICILIO LEGAL : Villa del Mar "A" "25". **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.
PROYECTO : "Resistencia a la Deformación de una Mezcla Asfáltica en Caliente con Adición de un 11% por Ceniza de Cáscara de Arroz". **CANTIDAD** : 50 kg.
REFERENCIA : REC N° 106-2018-FPL-501-G. **PRESENTACIÓN** : Sacos.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018/05/16. **FECHA DE ENSAYO** : 2018/06/25 al 2018/06/26.

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

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (GRADO)
	Desprendimiento Parcial - Desprendimiento Total
Cantera: "RUBEN (CHIMBOTE)" (agregado fino)	0 - 9

Tipo de asfalto: Cemento asfáltico PEN 60/70, proporcionado por el solicitante.

Observaciones:

- (*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición aprobado con R.D. N° 026-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.
- Agregados, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2018/06/18.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING° ALI E. DIAZ CAMA
Lima, 26 de Junio del 2018.

UMA (1/2)
adc/wll.
O.S. N°137



LABORATORIO DEE



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



00000004

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 137 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE : JORDAN ELVIS CASTILLO LOPEZ. MUESTRA : Agregados.
 DOMICILIO LEGAL : Villa del Mar "A" "25". IDENTIFICACIÓN : La que se indica.
 PROYECTO : "Resistencia a la Deformación de una Mezcla Asfáltica en Caliente con Adición de un 11% por Ceniza de Cáscara de Arroz". CANTIDAD : 50 kg.
 REFERENCIA : REC N° 106-2018-FPL-501-G. PRESENTACIÓN : Sacos.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018/06/18. FECHA DE ENSAYO : 2018/06/25 al 2018/06/28.

MTC E - 517 (2000)* CUBRIMIENTO DE LOS AGREGADOS CON MATERIALES ASFÁLTICOS (INCLUYE EMULSIONES) EN PRESENCIA DEL AGUA (STRIPPING) MEZCLAS ABIERTAS Y/O T.S.

IDENTIFICACIÓN	REVESTIMIENTO (%)	CUBRIMIENTO (%)
Cantera: "RUBEN (CHIMBOTE)" (agregado grueso)	100	+ 95

Tipo de asfalto: Cemento asfáltico PEN 60/70, proporcionado por el solicitante.

Observaciones:

- (*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.
- Agregados, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2018/06/18.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ALI E. DIAZ-CAMA.
Lima, 26 de Junio del 2018.

UMA (2/2)
adc/wll.
O.S. N°137



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac, Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

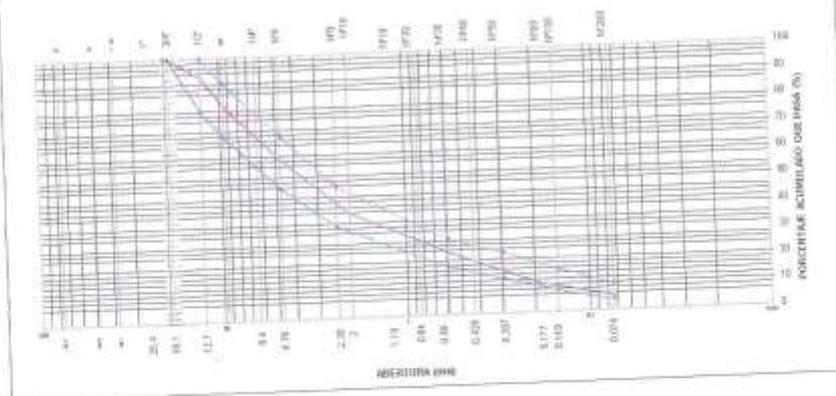
SOLICITA : BACH:CASTILLO LÓPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION
 DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 28/08/2018

ENSAYO MARSHALL AASHTO T-245 ASTM D-1558

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Partes Retenido	(%) Retenido	(%) Pasa	ESPECIFICACION MAC - 8
3"	76.200	-	-	-	
2"	50.800	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	
1"	25.400	-	-	100.0	100.0
3/4"	19.050	-	-	100.0	80 - 100
1/2"	12.500	6.9	6.9	93.1	70 - 90
3/8"	9.525	11.1	11.1	88.9	61 - 80
Nº4	4.750	39.9	39.9	60.1	38 - 52
Nº10	2.000	21.4	61.3	38.7	17 - 28
Nº40	0.425	19.9	81.2	18.8	4 - 8
Nº60	0.250	9.2	90.8	9.8	
Nº100	0.150	5.0	95.0	5.0	
Nº200	0.075	4.8	95.2	4.8	

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/09/2018

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Brújula				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	4.0	4.0	4.0
3	Grava bituminada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	45.00	45.00	45.00
4	Aréas contenidas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	53.00	53.00	53.00
5	Filtro Fino en Peso de la Mezcla (máximo 65% para la Malla N° 200)	%	2.00	2.00	2.00
6	Peso Específico Aparente del Cemento (ASTM C 118)	g/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Bulk de la Grava + M4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E-300)	g/cc	2.853	2.853	2.853
8	Peso Específico Aparente de la Arena + N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E-305)	g/cc	2.682	2.682	2.682
9	Peso Específico Bulk de la Arena + N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E-305)	g/cc	2.648	2.648	2.648
10	Peso Específico Aparente de la Arena + N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-305)	g/cc	2.690	2.690	2.690
11	Peso Específico aparente del filler	g/cc	2.674	2.674	2.674
12	Altura Promedio de la Brújula	cm	6.40	6.38	6.39
13	Peso de la Brújula Seca en el Aire (g)	g	1177.3	1181.9	1179.9
14	Peso de la Brújula en el Aire Saturada Superficialmente Seca	g	1180.1	1183.5	1181.1
15	Peso de la Brújula Sumergida en el Agua	g	623.0	625.1	621.2
16	Volumen de la Brújula	cc	557.1	558.4	558.8
17	Peso Unitario de la Brújula (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc	2.113	2.117	2.107
18	Peso Específico Teórico Máximo (RICE) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 808)	g/cc	2.221	2.221	2.221
19	Máxima Densidad Teórica de las Agregados $100(26)(1+2)(7+8)+4(269+100)$		2.597	2.597	2.597
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3203, MTC E 505) $100(1-175/18)$	%	4.9	4.7	5.1
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total $(100-2)(37)+4(9)+5(11)$		2.628	2.628	2.628
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)(37)+4(9)+5(11)$		2.757	2.745	2.743
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total $(3+4)(2)(7+8)+4(2)(9+10)+5(11)$		2.828	2.828	2.828
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100(9(23-2)(32)(21))$		0.33	0.33	0.33
25	Vol. del Agregado/ Vol. Bruto de la Brújula $(3+4)(17)(21)$		78.8	78.9	78.8
26	Vol. del Asfalto efectivo/ Vol. de Brújula $100(25+21)$		15.33	16.38	15.29
27	Vacíos del Agregado Mineral	%	21.18	21.06	21.40
28	Asfalto Efectivo / Peso de la Mezcla	%	3.7	3.7	3.7
29	Relación Bitum. Vacíos	%	7.7	7.8	7.6
30	Flujo (0.01 pulg.)	mm	9.8	9.8	9.5
31	Estabilidad (deforma del de carga)	Kg	530	610	580
32	Estabilidad sin Corregir (Kg)	Kg	1783	2050	1983
33	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04
34	Estabilidad Corregida (Kg)	Kg	1855	2132	1959



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Cel. 990579937
 Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA : BACH.CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 28/08/2018

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Brinquets	%	4.5	4.5	4.5
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	45.00	45.00	45.00
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	53.00	53.00	53.00
4	Áreas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	2.00	2.00	2.00
5	Filer Fino en Peso de la Mezcla (menor 85% pasa la Malla N° 200)	g/col	1.020	1.020	1.020
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	g/col	2.853	2.853	2.853
7	Peso Específico Bulk de la Grava - N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/ml	2.982	2.982	2.982
8	Peso Específico Aparente de la Grava - N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/ml	2.648	2.648	2.648
9	Peso Específico Bulk de la Arena - N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/ml	2.690	2.690	2.690
10	Peso Específico Aparente de la Arena - N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/ml	2.674	2.674	2.674
11	Peso Específico aparente del Mar	cm	6.40	6.38	6.39
12	Alura Promedio de la Biqueta	gr	1176.9	1186.2	1178.1
13	Peso de la Biqueta Seca en el Aire (g.)	gr	1179.3	1189.9	1189.2
14	Peso de la Biqueta en el Aire Saturada (superfuerza Seca)	gr	627.1	625.5	623.3
15	Peso de la Biqueta Sumergida en el Agua	14.15 cc	552.2	564.4	558.9
16	Volumen de la Biqueta	19/16	2.181	2.102	2.112
17	Peso Unitario de la Biqueta (ASTM D 2735, MTC E 514)	g/col	2.221	2.221	2.221
18	Peso Específico Técnico Máximo (PCE) (ASTM D 2041, AASHTO T 206, MTC E 508)		2.597	2.597	2.597
19	Máxima Densidad Teórica de los Agregados	$100(26)(17^3+8)(17^3+10))$	%	4.0	4.9
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3203, MTC E 505)	$100(1-17/18)$		2.614	2.614
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	$(100-26)(17^3+49)(17^3+10))$		2.758	2.743
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	$(100-21)(17^3+49)(17^3+10))$		2.828	2.828
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	$(2+4)(17^3+8)(17^3+10)(17^3+10))$		0.33	0.33
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total	$100(625-21)(22^3+21)$		79.9	78.8
25	Vol. del Agregado/ Vol. Bruto de la Biqueta	$(5+4)(17^3+10)$		16.05	15.83
26	Vol. del Asfalto Efectivo/ Vol. de Biqueta	$100(25-20)$	%	20.09	21.20
27	Vacíos del Agregado Mineral	100-25	%	4.2	4.2
28	Asfalto Efectivo/ Paso de la Mezcla	$2(24)(17^3+4)$	%	8.0	7.5
29	Peso de Secar Vacíos	$(25)(27)(10)$	g/kg	8.8	19.4
30	Peso (0.21 pulg.)		674	620	665
31	Estabilidad (lectura del eje)	kg	2264	2110	2234
32	Estabilidad en Correr (kg)		1.04	1.04	1.04
33	Factor de Estabilidad		2355	2195	2233
34	Estabilidad Corregida (kg)				2291



Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Cel. 990579937

www.usanpedro.edu.pe

Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION
 DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 28/08/2018

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Biquete				5.0
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.0	5.0	5.0
3	Grava gruesa en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	46.00	46.00	46.00
4	Grava combinada en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	53.00	53.00	53.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (menor 60 Mesh a la Malla N° 200)	%	2.00	2.00	2.00
6	Peso Especifico Agregado del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Especifico Bulk de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 95, MTC E 206)	gr/cc	2.853	2.853	2.853
8	Peso Especifico Aparente de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 95, MTC E-206)	gr/cc	2.882	2.882	2.882
9	Peso Especifico Bulk de la Arena < N°4 (ASTM C 136, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.548	2.548	2.548
10	Peso Especifico Aparente de la Arena < N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E-206)	gr/cc	2.690	2.690	2.690
11	Peso Especifico aparente del filler	gr/cc	2.674	2.674	2.674
12	Altura Promedio de la Biquete	cm	6.40	6.35	6.38
13	Peso de la Biquete Seca en el Aire (g)	gr	1188.7	1183.9	1176.9
14	Peso de la Biquete en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1180.1	1184.7	1179.5
15	Peso de la Biquete Sumergida en el Agua	gr	624.7	628.8	622.9
16	Volumen de la Biquete	cc	244.4	255.9	250.6
17	Peso Unitario de la Biquete (ASTM D 2729, MTC E 514)	gr/cc	2.108	2.130	2.118
18	Peso Especifico Teórico Máximo (PCE) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 505)	gr/cc	2.221	2.221	2.221
19	Máxima Densidad Teórica de los Agregados: $\frac{100[(26)+(37)(2)(7)+(8)+(14)^2(5)+100]}{100[(1-17)(1)]}$	%	5.2	4.1	4.5
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.600	2.600	2.600
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	gr/cc	2.758	2.764	2.744
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	gr/cc	2.628	2.628	2.628
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	gr/cc	0.33	0.33	0.33
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	gr	79.4	80.3	79.8
25	Vol. del Agregado Vol. Bruto de la Biquete $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	cc	15.45	15.82	15.54
26	Vol. del Asfalto absorbido/ Vol. de Biquete $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	%	20.02	18.73	20.17
27	Vacíos del Agregado Mineral $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	%	4.7	4.7	4.7
28	Asfalto Efectivo / Peso de la Mezcla $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	%	7.5	7.9	7.7
29	Relacion Bajas Vacíos $\frac{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}{100-26[(37)(7)+(8)+(5)(1)]}$	por 100	18.7	18.0	18.6
30	Flujo (0.11 por 100)	gr	646	660	653
31	Estabilidad (dentra del cargo)	kg	2167	1984	1883
32	Estabilidad en Corrept (No.)		1.04	1.04	1.04
33	Factor de Estabilidad		2.254	2.063	1.959
34	Estabilidad Corrept (Kg)				2092





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA : BACH: CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	N° de Brigueta	%	5,5	5,5	5,5
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	45,00	45,00	45,00
3	Grava filtrada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	53,00	53,00	53,00
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	2,00	2,00	2,00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (máximo 65% para la Malla N° 200)	g/cc	1,020	1,020	1,020
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cc	2,853	2,853	2,853
7	Peso Especifico Bulk de la Grava + N°4 (ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 206)	g/cc	2,882	2,882	2,882
8	Peso Especifico Aparente de la Grava + N°4 (ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 206)	g/cc	2,548	2,548	2,548
9	Peso Especifico Bulk de la Arena + N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 94, MTC E 205)	g/cc	2,650	2,650	2,650
10	Peso Especifico Aparente de la Arena + N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 98, MTC E 206)	g/cc	2,674	2,674	2,674
11	Peso Especifico aparente del filler	cm	6,40	6,30	6,30
12	Altura Promedio de la Brigueta	gr	1181,5	1178,3	1180,9
13	Peso de la Brigueta Seca en el Aire (g)	gr	1182,4	1179,0	1181,3
14	Peso de la Brigueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	627,2	623,3	621,1
15	Peso de la Brigueta Sumergida en el Agua	14,15 cc	555,2	555,7	555,2
16	Volúmenes de la Brigueta	12/16 g/cm ³	2,126	2,120	2,108
17	Peso Unitario de la Brigueta (ASTM D 3226, MTC E 514)	g/cm ³	2,221	2,221	2,221
18	Peso Especifico Teórico Máximo (PCE) (ASTM D 2041, AASHTO T 205, MTC E 508)		2,597	2,597	2,597
19	Máxima Densidad Teórica de los Agregados $100[(26)+(3^2)(7+8)+(4^2)(9+10))]$	%	4,2	4,5	4,1
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3203, MTC E 505) $100(1-17716)$		2,541	2,541	2,641
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)(26)+(4)(9)+(5)(11))$		2,757	2,743	2,743
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(2+(3)(7+8)+(4^2)(9+10)+(5)(11))$		2,828	2,828	2,828
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $100(26-2)(26)^2(1)$		0,33	0,33	0,33
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $(3-4)(1721)$		79,0	75,7	78,2
25	Vol. del Agregado Vol. Bruto de la Brigueta $100(26-20)$		18,84	18,79	18,88
26	Vol. del Asfalto efectivo Vol. de Brigueta $100(26-20)$	%	21,02	21,31	21,76
27	Vacíos del Agregado Mineral	%	5,2	5,2	5,2
28	Asfalto Efectivo / Peso de la Mezcla $2-(24/100)(3+4)$	%	88	79	77
29	Relación Bitum. Vacíos $(26/27)(100)$	pts	18,8	18,3	11,3
30	Flujo (0.01 pulg.)		640	600	565
31	Estabilidad (rectura del de carga)	Kg	2160	2017	1900
32	Estabilidad sin Corregr (Kg)		1,04	1,04	1,04
33	Factor de Estabilidad	Kg	2226	2098	1978
34	Estabilidad Corregrd (Kg)				2025



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B-s/n - Chimbote
 Cel. 990579937
 Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : BACH:CASTILLO LÓPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018

CANTERA PIEDRA CHANCADA : PANCHO MEDINA
CANTERA ARENA CHANCADA : PANCHO MEDINA
CANTERA ARENA ZARANDADA : BESIQUE

ENSAYOS PRELIMINARES

1- ENSAYO DE ADHERENCIA : - PIEDRA - ASTM, D1684
TIPO DE ASFALTO : PEN 60 - 70
RECUBRIMIENTO INICIAL : RECUBRIMIENTO FINAL
% : % RETENIDO
100 : 95

2- ENSAYO DE RIEDEL WEBER : - ARENA - MTC-E220
TIPO DE ASFALTO : DESPLAZAMIENTO PARCIAL : DESPLAZAMIENTO TOTAL
INDICE : INDICE
PEN 60 - 70 : 4 : 10

3- ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO : - ASTM D421

AGREGADO	PIEDRA	ARENA CHANCADA	ARENA NATURAL
% QUE PASA			
1"	100.0%	100.0%	100.0%
3/4"	80.0%	100.0%	100.0%
1/2"	53.0%	100.0%	100.0%
3/8"	0.0%	81.1%	94.3%
Nº4		55.0%	73.8%
Nº10		25.5%	38.2%
Nº40		18.5%	17.0%
Nº60		8.0%	5.7%
Nº200			





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : BACH-CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018

CANTERA PIEDRA CHANCADA : RUBEN (PANCHO MEDINA)
 CANTERA ARENA CHANCADA : RUBEN (PANCHO MEDINA)
 CANTERA ARENA ZARAMEJADA : RUBEN

MEZCLA DE AGREGADOS

Grava Chancada	45 %
Arena Chancada y Zaramejada	53 %
Filer	2 %
Especificaciones de Gradación	MAC - 2

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

- ESPECIFICACIONES DE GRADACION : MAC - 2
 - TIPO DE ASFALTO : PEN 60/70
 - PORCENTAJE DE OPTIMO DE A.C. : 4.98 %

c.- CARACTERISTICAS DEL MARSHALL

	75	75	75	75
- INDE DE DILACION DE CAPA				
- CEMENTO ASFALTICO (%)	4.0	4.5	5.0	5.5
- PESO ESPECIFICO (kg/cc.)	2.113	2.115	2.110	2.119
- ESTABILIDAD (kg.)	1992	2291	2092	2103
- FLUIDO (BT (mm))	9.40	6.73	10.10	10.71
- VACIOS DE AIRE (%)	4.89	4.77	4.84	4.80
- VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	21.3	20.7	20.2	21.4
- VACIOS LLENOS DE C.A. (%)	77.0	77.0	77.0	76

NOTA : LAS MUESTRAS DE AGREGADO Y A ASFALTO FUERON TONABAS EN PLANTA POR PERSONAL TECNICO DEL LABORATORIO UNIBRO ETEL





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

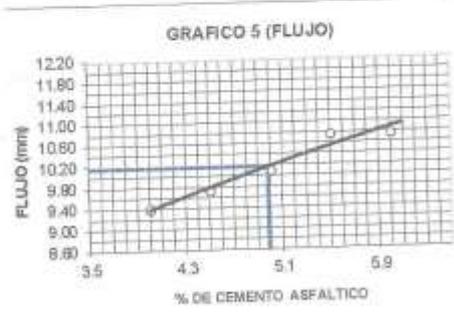
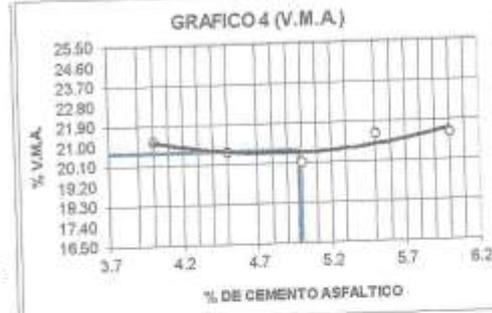
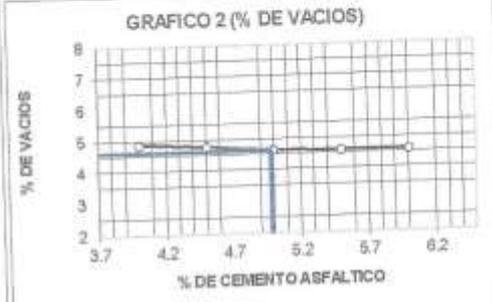
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

INFORME N° 1

SOLICITA : BACH: CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : ESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 28/08/2018

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

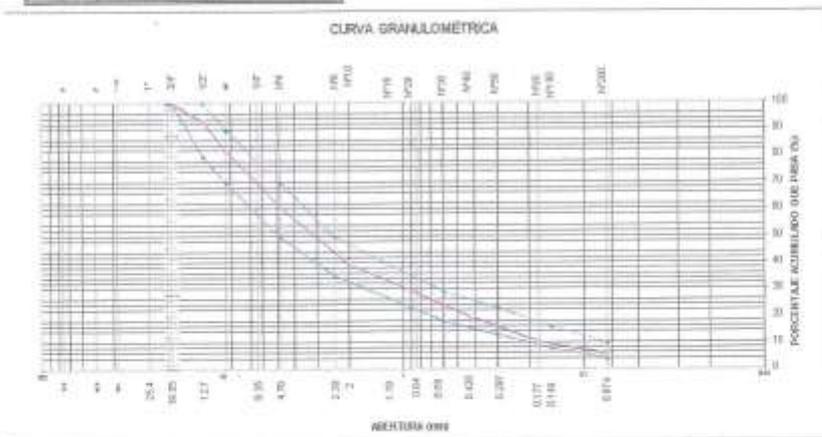
SOLICITA : BACH-CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
 TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 28/08/2018
 ADICION : 11% DE CENIZA CASCARA DE ARROZ

ENSAYO MARSHALL AASHTO T-245 ASTM D-1559

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Pasa Retenido	(%) Pasa Retenido	(%) Pasa Retenido	ESPECIFICACION MAC - 2
3"	76.200	-	-	-	
2"	50.800	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	
1"	25.400	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	100.0	100.0
1/2"	12.700	6.9	6.9	93.1	80 - 100
3/8"	9.525	11.7	11.7	88.3	70 - 85
Nº4	4.750	30.8	30.8	69.2	51 - 69
Nº10	2.000	31.4	68.6	31.6	30 - 52
Nº40	0.425	19.9	80.1	19.9	17 - 29
Nº60	0.250	9.2	90.8	10.8	0 - 17
Nº200	0.075	5.0	95.0	5.0	4 - 8
Nº200		4.8	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018
ADICION : 11% DE CENIZA CASCARA DE ARROZ

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245					
ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Biqujeta				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	4.0	4.0	4.0
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	45.00	45.00	45.00
4	Arenas contraindicas en Peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	53.00	53.00	53.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla N° 200)	%	2.00	2.00	2.00
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Especifico Bulk de la Grava + N°4 (ASTM C 137, AASHTO T 85, MTC E-206)	g/cc	2.853	2.853	2.853
8	Peso Especifico Aparente de la Grava + N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-206)	g/cc	2.882	2.882	2.882
9	Peso Especifico Bulk de la Arena + N°4 (ASTM C 138, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.648	2.648	2.648
10	Peso Especifico Aparente de la Arena + N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-206)	g/cc	2.690	2.690	2.690
11	Peso Especifico aparente del filler	g/cc	2.674	2.674	2.674
12	Altura Promedio de la Biqujeta	cm	5.40	5.38	5.39
13	Peso de la Biqujeta Seca en el Aire (g)	gr	1318.1	1318.3	1317.4
14	Peso de la Biqujeta en el Aire Saturada Superficie Seca	gr	1318.5	1317.9	1318.7
15	Peso de la Biqujeta Sumergida en el Agua	gr	683.4	680.8	684.5
16	Volumen de la Biqujeta	14.75 cm ³	625.2	627.1	624.2
17	Peso Unitario de la Biqujeta (ASTM D 2726, MTC E 514)	13/16 g/cm ³	2.108	2.089	2.111
18	Peso Especifico Teórico Máximo (RCE) (ASTM D 2041, AASHTO T 208, MTC E 588)	g/cm ³	2.221	2.221	2.221
19	Máxima Densidad Teórica de los Agregados $100(26)/(3^2(2(7+8))+(4^2(2(9+10)))$		2.587	2.587	2.587
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3203, MTC E 505) $100(1-(7/18))$	%	6.1	5.5	6.0
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(100-26)/(3(7)+(4(9)+(5(11)))$		2.828	2.828	2.828
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(100-21)/(3(8)+(4(10)+(5(13)))$		2.757	2.745	2.745
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(3+(4(3(2(7+8))))+(4^2(2(9+10)+(5(11))))$		2.828	2.828	2.828
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100(8(28-21)/(2(21)))$		0.33	0.33	0.33
25	Vol. del Agregado Vol. Bruto de la Biqujeta $(5-(4(17/21)))$		78.9	78.3	78.7
26	Vol. del Asfalto efectivo Vol. de Biqujeta $100-(26+30)$		16.29	16.33	16.31
27	Vacío del Agregado Mineral $100-26$	%	21.37	21.71	21.29
28	Asfalto Efectivo / Peso de la Mezcla $2-(24(100)/(3+4))$	%	3.7	3.7	3.7
29	Relación Relati Vacíos $(26/27)100$	%	76	75	76.5
30	Frago (0.01 pulg.)	ppp	19.9	11.8	12.5
31	Estabilidad (lectura final de carga)		540	690	670
32	Estabilidad sin Corrección (Kg.)	Kg	1803	1970	1803
33	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04
34	Estabilidad Corrección (Kg.)	Kg	1875	2049	1979





SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018
ADICION : 11% DE CENIZA CASCARA DE ARROZ

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	MP de Briqueta				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	4.5	4.5	4.5
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	45.00	45.00	45.00
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	53.00	53.00	53.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 85% pasara Malla N° 200)	%	2.00	2.00	2.00
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cc	1.030	1.030	1.030
7	Peso Especifico Bulk de la Grava - N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-200)	g/cc	2.953	2.953	2.953
8	Peso Especifico Aparente de la Grava - N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-200)	g/cc	2.882	2.882	2.882
9	Peso Especifico Bulk de la Arena - N°4 (ASTM C 120, AASHTO T-94, MTC E-203)	g/cc	2.649	2.649	2.649
10	Peso Especifico Aparente de la Arena - N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-200)	g/cc	2.690	2.690	2.690
11	Peso Especifico aparente del Filler	g/cc	2.674	2.674	2.674
12	Altura Promedio de la Briqueta	cm	6.40	6.38	6.36
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire (g)	gr	1178.9	1166.2	1176.1
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1179.3	1169.9	1169.2
15	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua	gr	627.1	626.6	623.3
16	Volumen de la Briqueta	cc	552.2	564.4	556.9
17	Peso Unitario de la Briqueta (ASTM D 2726, MTC E 514)	13/16 g/cm ³	2.131	2.102	2.112
18	Peso Especifico Teórico Máximo (P.T.C.E.) (ASTM D 2041, AASHTO T 309, MTC E 506)	g/cm ³	2.221	2.221	2.221
19	Máxima Densidad Teórica de los Agregados	100[(36)+(9*3)+(7*8)+(4*3)+(9*10)]	2.597	2.597	2.597
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3203, MTC E 905)	100[(1)-(17/18)]	4.0	5.4	4.9
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	100-(36)/(37)+(49)/(511)	2.614	2.614	2.614
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	100-(21)/(30)+(41/10)+(5/11)	2.758	2.743	2.743
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	(3+4)/(3*3)+(7+8)/(4*3)+(9+10)/(5*11)	2.828	2.828	2.828
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total	100*(23-21)/(21*21)	0.33	0.33	0.33
25	Vol. del Agregado/Vol. Bruto de la Briqueta	(3+4)/1702	79.9	78.6	79.2
26	Vol. del Asfalto efectivo/Vol. de Briqueta	100*(25*20)	16.05	15.93	15.91
27	Vacos del Agregado Mineral	100-25	20.09	21.20	20.82
28	Asfalto Efectivo (Peso de la Mezcla)	3-(34/100)/(3+4)	4.2	4.2	4.2
29	Relación Betón Vacíos	(20/27)*100	70	75	73
30	Flujo (0.01 pulg)		10.0	10.0	11.0
31	Estabilidad (lectura dial de carga)		545	589	620
32	Estabilidad en Correjo (Kg)	Kg	1833	1994	2084
33	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04
34	Estabilidad Correjo (Kg)	Kg	1987	2473	2187





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018
ADICION : 11% DE CENIZA CASCARA DE ARROZ

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Biquetas				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.0	5.0	5.0
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	45.00	45.00	45.00
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	53.00	53.00	53.00
5	Filar Fino en Peso de la Mezcla (máximo 0.5% pasa la Malla Nº 300)	%	2.00	2.00	2.00
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Bulk de la Grava + N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 95, MTC E-206)	gr/cc	2.853	2.853	2.853
8	Peso Específico Aparente de la Grava + N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-95, MTC E-206)	gr/cc	2.882	2.882	2.882
9	Peso Específico Bulk de la Arena + N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 94, MTC E 205)	gr/cc	2.545	2.545	2.545
10	Peso Específico Aparente de la Arena + N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-95, MTC E-206)	gr/cc	2.890	2.890	2.890
11	Peso Específico aparente del Suelo	gr/cc	2.574	2.574	2.574
12	Altura Promedio de la Biqueta	cm	6.40	6.38	6.36
13	Peso de la Biqueta Seca en el Aire (g)	g	1317.3	1315.5	1316.9
14	Peso de la Biqueta en el Aire Saturado Superficialmente Seca	g	1316.3	1316.1	1317.1
15	Peso de la Biqueta Sumergida en el Agua	g	891.5	895.5	894.7
16	Volumen de la Biqueta	cc	626.7	620.5	624.4
17	Peso Unitario de la Biqueta (ASTM D 2726, MTC E-554)	1376 gr/cm ³	2.102	2.120	2.116
18	Peso Específico Teórico Máximo (RICE) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 509)	gr/cm ³	2.221	2.221	2.221
19	Máxima Densidad Teórica de los Agregados $100V(285+(3^2)(2)(7+8)+(4^2)(2)(9+10))$		2.597	2.597	2.597
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.4	4.6	4.7
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total $(100-2)(3)(2)(7+8)+(5)(11)$		2.855	2.855	2.855
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)(3)(3)(9)+(4)(10)+(5)(11)$		2.756	2.742	2.742
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total $(3+(4)(3)(2)(7+8)+(4^2)(2)(9+10)+(5)(11))$		2.826	2.825	2.826
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100V(23-21)(2)(2)(2)$		0.33	0.33	0.33
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Biqueta $(3+(4^2)(7)(2))$		77.5	75.3	76.1
26	Vol. del Asfalto efectivo / Vol. de Biqueta $100-(2)(5)(3)$		17.04	17.19	17.15
27	Válidos del Agregado Mineral $100-25$	%	22.40	21.74	21.89
28	Asfalto Efectivo / Peso de la Mezcla $2-(24)(100)(3+4)$	%	4.7	4.7	4.7
29	Relación Besta/Vacíos $(26)(27)(100)$	%	78	78	77.9
30	Flejo (0.01 pulg)	pulg	13.0	16.0	13.0
31	Estabilidad (lectura dial de carga)		500	570	610
32	Estabilidad sin Corregr (Kg.)	Kg	1983	2251	2050
33	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04
34	Estabilidad Corregrada (Kg.)	Kg.	1959	2341	2132





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018
ADICION : 11% DE CENIZA CASCARA DE ARROZ

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Briqueta				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.5	6.5	6.5
3	Grava bitumada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	46.00	46.00	46.00
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	53.00	53.00	53.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (máximo 95% sobre la Malla N° 200)	%	2.00	2.00	2.00
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Especifico Bulk de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.853	2.853	2.853
8	Peso Especifico Aparente de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.882	2.882	2.882
9	Peso Especifico Bulk de la Arena > N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.848	2.848	2.848
10	Peso Especifico Aparente de la Arena > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.890	2.890	2.890
11	Peso Especifico aparente del filler	gr/cc	2.874	2.874	2.874
12	Altura Promedio de la Briqueta	cm	6.40	6.38	6.36
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire (g)	g	1314.5	1313.1	1316.3
14	Peso de la Briqueta en el Aire Secada Superficialmente Seca	g	1316.1	1317.3	1318.9
15	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua	g	896.7	896.9	897.8
16	Volumen de la Briqueta	cc	821.4	820.4	821.3
17	Peso Unitario de la Briqueta (ASTM D 2120, MTC E 514)	gr/cm ³	2.115	2.117	2.116
18	Peso Especifico Teórico Máximo (RCC) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cm ³	2.221	2.221	2.221
19	Máxima Densidad Teórica de los Agregados $100[(20)+(3^2)(7+8)+(4^2)(219+10)]$		2.597	2.597	2.597
20	% Vacíos con Aire (ASTM D 3308, MTC E 505) $100(1-17/18)$	%	4.9	4.7	4.71
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(100-20)(37)+(46)(15/11)$		2.641	2.641	2.641
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total $(100-21)(39)+(47)(15/11)$		2.757	2.743	2.743
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(3+6)(37)(7+8)+(4^2)(20)+10+(15/11)$		2.828	2.828	2.828
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100(6(25-219)(3^2+21)$		0.33	0.33	0.33
25	Vol. del Agregado/ Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)^2(17/21)$		78.5	78.6	78.6
26	Vol. del Asfalto absorbido/ Vol. de Briqueta $100(35+20)$		16.74	16.74	16.75
27	Vacíos del Agregado Mineral	%	21.48	21.46	21.43
28	Asfalto Efectivo /Peso de la Mezcla $2(34/100)(3+4)$	%	5.2	5.2	5.2
29	Relación Betón Vacíos $(26/27)*100$	%	77.8	78.1	78.2
30	Flujo (0.01 pulg.)	pulg.	13.8	13.9	12.3
31	Estabilidad (decreto total de carga)		630	686	608
32	Estabilidad en Corregir (Kg.)	Kg	2103	2220	2023
33	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04
34	Estabilidad Corregida (Kg.)	Kg	7187	2389	2184





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : BACH-CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018
ADICION : 11% DE CENIZA CASCARA DE ARROZ

CANTERA PIEDRA CHANCADA : PANCHO MEDINA
 CANTERA ARENA CHANCADA : PANCHO MEDINA
 CANTERA ARENA ZARANDIADA : BESQUE

ENSAYOS PRELIMINARES

1- ENSAYO DE ADHERENCIA - PIEDRA - ASTM, D1664

TIPO DE ASFALTO : PEN 80 - 70

RECUBRIMIENTO INICIAL % RECUBRIMIENTO FINAL % RETENIDO

100 96

2- ENSAYO DE RIEDEL WEBER - ARENA - MTC-E220

TIPO DE ASFALTO DESPLAZAMIENTO PARCIAL INDICE DEPLAZAMIENTO TOTAL INDICE

PEN 80 - 70 4 10

3- ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D421

AGREGADO PIEDRA ARENA CHANCADA ARENA NATURAL

% QUE PASA

	PIEDRA	ARENA CHANCADA	ARENA NATURAL
1"	100.0%		100.0%
3/4"	100.0%		100.0%
1/2"	100.0%		100.0%
3/8"	100.0%	100.0%	100.0%
1/4"	0.0%	91.1%	94.3%
Nº10		55.0%	73.0%
Nº40		25.5%	98.2%
Nº60		16.0%	17.0%
Nº200		8.9%	5.7%





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : BACH:CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018
ADICION : 11% DE CENIZA CASCARA DE ARROZ
 CANTERA PIEDRA CHANCADA : RUBEN (PANCHITO MEDINA)
 CANTERA ARENA CHANCADA : RUBEN (PANCHITO MEDINA)
 CANTERA ARENA ZARANDIEADA : RUBEN

MEZCLA DE AGREGADOS
 Grava Chancada : 45 %
 Arena Chancada y Zarandieada : 55 %
 Filler : 2 %
 Especificaciones de Gradación : MAC - 2

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

- ESPECIFICACIONES DE GRADACION : MAC - 2
 - TIPO DE ASFALTO : PEN 60/70
 - PORCENTAJE DE OPTIMO DE A.C. : 5.04 %

c.- CARACTERISTICAS DEL MARSHALL

- Nº DE GOLPES DE CARGA	75	75	75	75
- CEMENTO ASFALTICO (%)	4.0	4.5	5.0	5.5
- PESO ESPECIFICO (MG/CC)	2.106	2.115	2.115	2.118
- ESTABILIDAD (KG)	1969	2049	2144	2200
- FLUJO (G/CM)	11.17	11.33	11.87	12.10
- VACIOS DE AIRE (%)	5.10	4.77	4.66	4.71
- VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	21.5	20.7	22.0	21.5
- VACIOS LLENOS DE C.A. (%)	75.9	77.0	77.8	76.0

NOTA : LAS MUESTRAS DE AGREGADO Y ASFALTO FUERON TOMADAS EN PLANTA POR PERSONAL TECNICO DEL LABORATORIO UNIGED E.I.R.L.





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

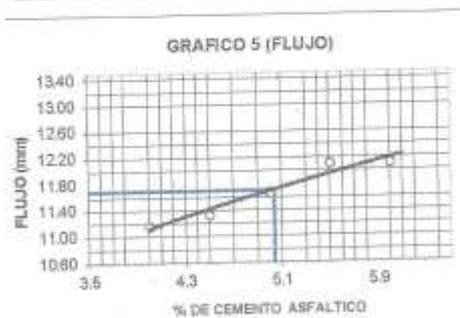
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

INFORME N° 1

SOLICITA : BACH: CASTILLO LOPEZ JORDAN ELVIS
TESIS : EXISTENCIA A LA DEFORMACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE UN 11% POR CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/08/2018
ADICION : 11% DE CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL



PANEL
FOTOGRAFICO



Foto 1; Nos dirigimos ala apiladora de arroz en la empresa Velásquez en cambio puente



Foto 2; Ya al interior de la apiladora se pudo observar las maquinarias para el arroz y la cascara de arroz



Foto 3; Observamos el almacén donde depositan la cascara de arroz donde se pudo observar que están colocando en sacos



Foto 4; Encontramos la cascara de arroz donde llevamos en sacos para realizar los ensayos respectivos



Foto 5; Llevando mi material para hacerlo cenizas



Foto 6; Cernimos la cascara de arroz para que quede lo del cernidor



Foto 7; Sacamos la pajitas del cernidos para que solo quede la cascara de arroz sin elementos que puedan afectar los ensayos.



Foto 8; Se cocinó la cascara de arroz en una olla de barro en cielo abierto para hacerlo carbón



Foto 9; Luego la muestra ya llevada a cielo abierto y luego pulverizarlo el material se lleva a la malla horganza



Foto 10; Se obtuvo material más fino el material de cascara de arroz para luego en el laboratorio pasarlo por la malla N 200 para asarlo más fino



Foto 11; Luego se lleva a pesar a la balanza que solo necesitamos un 1 gramo del material de cascara de arroz para este ensayo



Foto 12; Luego tenemos que llevar la muestra de cascara de arroz ala ciudad de Trujillo



Foto 13; Nos dirigimos al departamento académico de Ingeniería de Materiales en el laboratorio de polímeros donde se iba analizar mi muestra



Foto 14; En el interior del laboratorio de polímeros observamos los equipos que cuentan



Foto 15; Se cocinó la cascara de arroz en una olla de barro en cielo abierto para hacerlo carbón



Foto 16; Se chanca el material ya cocinado y pasarlo en la malla horganza



Foto 17; Luego se coloca en la mufla de la USP



Foto 18; Luego se coloca en un sobre de papel de azúcar Se forra bien para que no entre el aire en las cenizas de cascara de arroz



Foto 19; Se lleva a LIMA hacer la fluorescencia ala cascara de arroz para obtener para os resultados

CANTERA RUBEN



Foto 20; Me dirigimos a la cantera Rubén para traer mi material de agregado fino para realizar los ensayos respectivos para nuestro patrón y experimental



Foto 21; Me dirigimos a la cantera Rubén para traer mi material de agregado grueso para realizar los ensayos respectivos para mi patrón y experimental

ENSAYOS DE GRANULOMETRIA AGREGADO FINO Y GRUESO



Foto 22; Se paso por las diferentes mallas el agregado grueso donde se retienen por los diferentes tamiz donde después se pesan lo retenido en cada tamiz



Foto 23; Se paso por las diferentes mallas el agregado fino donde se retienen por los diferentes tamiz donde después se pesan lo retenido en cada tamiz

ENSAYOS DE GRAVEDAD ESPECIFICA AGREGADO GRUESO Y FINO



Foto 24; Se deja por 24 horas el agregado fino remojando y luego se seca en la cocina para luego pesar lo secado y luego se echa un poco de material al picnómetro



Foto 25; Se pesa el material agregado grueso y se remoja en agua en 24 horas para luego secarlo con trapos industriales donde se pesa

ENSAYOS DE PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO



Foto 26; La muestra de agregado fino se cuartea y luego se pone el molde para agregarlo en el molde donde se tomara el peso unitario suelto y otro compactado tres cada uno

ENSAYOS DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO



Foto 27; La muestra de agregado grueso se cuartea y luego se toma una muestra de lo cuarteado para colocarlo en el molde y se tomara 3 muestras para peso unitario suelto y 3 muestras para peso unitario compactado con la ayuda de la varilla para las 3 capa es compactada por medio de la aplicación de 25 golpes por cada capa.

ENSAYOS DE ABRASION LOS ANGELES



Foto 28; Se pesó 20 kg de agregado grueso para después pasarlo por la malla número 3/8", 1/2" y 3/4" donde el agregado pasante de cada uno de la malla se pesa.



Foto 29; Se colocó en la máquina del ensayo de abrasión de los ángeles esferas de acero con un peso de 445 gr junto con el agregado grueso para luego esperar unos 15 minutos para retirar el agregado triturado donde se pesa en la balanza.

ENSAYOS DE PARTICULAS CHATAS



Foto 30; Se realizó el ensayo primero se pasó por la malla de $\frac{1}{2}$ y lo retenido se separó al igual que el de $\frac{3}{8}$ para luego pesarlo respectivamente



Foto 31; Luego del pesado y retenido por las mallas respectivas se realiza este ensayo mediante la medición del agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ " para hallar la distancias v espesor del agregado

ENSAYOS DE EQUIVALENTE DE ARENA



Foto 32; Se realiza este ensayo mediante la solución stock y tubos experimentales donde se agrega la solución y la arena para luego con un agitador metálico para así controlar con un tiempo el nivel de la arena



Foto 33; Se pasa la cal primero por la horganza para poder eliminar las partidas grandes y así después pasar por la malla N 200 para poder llevar al horno para combinarlo con la arena

DISEÑO PATRON



Foto 34; Se pone todos los agregados piedra y arena combinada con la cal al horno para así al siguiente día poner realizar el ensayo marshall



Foto 35; Se pone todo los materiales ala cocina para poder calentarse se coloca el martillo de compactación, briquetas y un sartén con el pen 60 y 70 calentándose ala cocina mientras los materiales están el horno de arena con cal y piedra



Foto 36; Luego se pone en el pedestal para la compactación de las briquetas y un filtro y se coloca la mezcla de asfalto que esta en al cocina luego con el martillo de compactación se da 75 golpes en los dos lados de la briquetas Luego se ase para las diferentes proporción de 4 %,4.5%, 5 %,y 5.5% para luego dejarlo por 24 horas para poner romperlo en el aparato Marshall



Foto 37; Se retira las briquetas y se pesa seco, sumergido y con agua
casa briquetas



Foto 38; Luego se pone en el aparato Marshall donde obtenemos la
deformación y el flujo

DISEÑO EXPERIMENTAL



Foto 39; Se coloca todos los agregados piedra, arena y la cal al horno durante 24 horas para luego al día siguiente poder realizar el ensayo Marshall.



Foto 40; Se pone todo los materiales a la cocina para poder calentarse se coloca el martillo de compactación, briquetas y un sartén con el pen 60 y 70 calentándose a la cocina mientras los materiales están el horno de arena con cal y piedra; donde primero se ya a echar la mezcla asfáltica y se añade la cenizas de cascara de arroz para luego echar la piedra v arena respectivamente .



Foto 41; Luego se pone en el pedestal para la compactación de las briquetas y un filtro y se coloca la mezcla de asfalto que está en la cocina luego con el martillo de compactación se da 75 golpes en los dos lados de la briquetas Luego se hace para las diferentes proporción de 4 %,4.5%, 5 %,y 5.5% para luego dejarlo por 24 horas para poner romperlo en el aparato Marshall.



Foto 42; Se retira las briquetas y se pesa seco, sumergido y con agua casa briquetas



Foto 43; Luego se pone en el aparato Marshall donde obtenemos la deformación y el flujo

ANEXOS