

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

CENTRO DE POSTGRADOS

**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS
PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN
LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MAGÍSTER EN VIALIDAD Y
TRANSPORTE.**

AUTOR:

FRANCISCO JOSÉ DARQUEA CÓRDOVA
C.I. 0103784179

DIRECTOR:

JAIME BOJORQUE IÑEGUEZ, PhD.
C.I. 0102857885

CUENCA – ECUADOR
2017



RESUMEN

Mediante ensayos de laboratorio, esta investigación consiste en caracterizar tres materiales; dos provenientes de canteras en el cantón Paute, principalmente, material de reposición de las orillas del río Paute y canteras ubicadas en esta cuenta como La Virginia y un tercer material tomado de las orillas del río Jubones en el sector de Huascachaca del cantón Santa Isabel, por ser las zonas de principal procedencia de los materiales áridos en la provincia del Azuay. Como parte de la caracterización de los materiales se ha determinado la granulometría, gravedad específica y el porcentaje de absorción de los áridos. Los materiales fueron caracterizados de acuerdo a los métodos establecidos en la normativa nacional establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. En base a estos datos, se realizó el ensayo Marshall, para determinar el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla de hormigón asfáltico en caliente. Se hizo el análisis de tres muestras de cada uno de los materiales, un total de nueve ensayos por el método de Marshall con cuatro diferentes porcentajes de asfalto cada una y tres briquetas, en total 108 briquetas analizadas.

Finalmente, con los resultados obtenidos se realizó un análisis de los costos de producción, en base a la característica de absorción de cada material estudiado. Se determinó la relación que existe entre el porcentaje de absorción de los áridos y costo de producción de la mezcla asfáltica en función de la procedencia de los materiales áridos.

PALABRAS CLAVE: Absorción, Áridos, Asfalto, Mezcla Asfáltica, método Marshall.



ABSTRACT

By means of laboratory testing, this research is about the characterization of three aggregates; two from quarries in Paute county, mainly replacement material from the shores of Paute river and quarries from the same basin such as Virginia mine, and a third material exploited from the Jubones river shores, in Huasachaca's area, Santa Isabel county. These are the main areas where the aggregates are extracted in Azuay province. As part of the characterization of these materials we have determined their size distribution, specific gravity, and absorption percentage. With this aim, we have used the methods defined by the national norm of the Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Based on these data, we performed a Marshall test to estimate the optimal percentage of asphalt used in the hot asphaltic mixture. Since we used three different types of aggregates, we ended up with nine Marshall tests with four different percentages of asphalt each and three briquettes, in total 108 briquettes analyzed.

Finally, with these last results we carried out a deep analysis of the production costs based on the absorption of the studied aggregates by finding a relationship between the aggregates absorption and the costs of the asphaltic mixture as a function of the aggregates origin.

KEYWORDS: absorption, aggregates, asphalt, asphaltic mixture, Marshall test.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE GRÁFICAS	9
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	10
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	11
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	12
AGRADECIMIENTO	13
DEDICATORIA.....	14
CAPÍTULO I.....	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Alcance	18
CAPÍTULO II.....	19
CARACTERIZACIÓN Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES ANALIZADOS	19
2.1. Origen geológico de los agregados utilizados	19
2.1.1. Material del río Paute y canteras de La Virginia en el cantón Paute	19
2.1.2. Material del río Jubones en el cantón Santa Isabel	20
2.2. Ensayos realizados.....	21



2.2.1. Gravedad específica.....21

2.2.2. Propiedades volumétricas de las mezclas32

2.2.3. Granulometría de los materiales áridos.....45

2.2.4. Otras especificaciones técnicas para hormigones asfálticos.....50

2.2.5. Ensayo Marshall52

CAPÍTULO III60

ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS Y ANÁLISIS ECONÓMICO60

3.1. Análisis de los ensayos realizados a los materiales estudiados.....60

3.1.1. Material de las orillas del río Paute.....60

3.1.2. Material de la cantera de La Virginia61

3.1.3. Material de las orillas del río Jubones.....62

3.2. Análisis económico de alternativas63

CAPÍTULO IV73

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES73

4.1. Conclusiones.....73

4.2. Recomendaciones75

BIBLIOGRAFÍA76



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Lecturas de los pesos de los especímenes o briquetas ensayadas.	35
Tabla 2: Composición granulométrica para el ejemplo de cálculo de la gravedad específica promedio.	38
Tabla 3: Composición granulométrica de acuerdo a los porcentajes en peso que pasan a través de los tamices de malla cuadrada. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)...	46
Tabla 4: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute pasante el tamiz $\frac{3}{4}$ ".....	47
Tabla 5: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute pasante el tamiz $\frac{3}{8}$ ".....	47
Tabla 6: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute pasante el tamiz No. 4.....	48
Tabla 7: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute $\phi < \frac{1}{2}$ ".....	48
Tabla 8: Combinación de los materiales analizados.....	49
Tabla 9: Especificaciones técnicas para los agregados gruesos referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).....	50
Tabla 10: Especificaciones técnicas para los agregados finos referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).....	51
Tabla 11: Especificaciones técnicas para el cemento asfáltico (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).	51
Tabla 12: Especificaciones técnicas para las mezclas asfálticas referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).....	52
Tabla 13: Especificaciones técnicas para el porcentaje de vacíos en el agregado mineral en las mezclas asfálticas referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).	52
Tabla 14: Tabulación de resultados ensayo Marshall, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute.	57
Tabla 15: Comprobación del contenido de asfalto con cada uno de los parámetros de diseño.	59
Tabla 16: Resumen del porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con	



materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute.61

Tabla 17: Resultado promedio para el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute.61

Tabla 18: Resumen del porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la cantera de La Virginia - Paute.....62

Tabla 19: Resultado promedio para el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la cantera de La Virginia - Paute.62

Tabla 20: Resumen del porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Jubones.63

Tabla 21: Resultado promedio para el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Jubones.63

Tabla 22: Análisis de precios unitarios para un porcentaje óptimo de asfalto de 6.37% con materiales provenientes de las orillas del río Paute.....66

Tabla 23: Análisis de precios unitarios para un porcentaje óptimo de asfalto de 6.33% con materiales provenientes de la cantera de La Virginia – Paute.....67

Tabla 24: Análisis de precios unitarios para un porcentaje óptimo de asfalto de 6.93% con materiales provenientes de las orillas del río Jubones.....68

Tabla 25: Relación entre el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto.....69

Tabla 26: Relación entre el porcentaje óptimo de asfalto el costo de producción por m³.....70

Tabla 27: Relación entre el costo de producción por metro cúbico y porcentaje absorción.70

Tabla 28: Porcentaje de incremento en los costos de producción por m³.71

Tabla 29: Ejemplo del incremento en el costo de la mezcla asfáltica para una vía de 2.0 km..72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de relaciones entre las diferentes Gravedades Específicas de una partícula de agregado (Minaya & Ordóñez, 2001).	22
Figura 2: Esquema de los vacíos permeables e impermeables del agregado (Minaya & Ordóñez, 2001).	23
Figura 3: Esquema de los poros llenos de agua (Minaya & Ordóñez, 2001).	24
Figura 4: Esquema de las mezclas asfálticas y sus propiedades volumétricas (Minaya & Ordóñez, 2001).	32
Figura 5: Representación de volúmenes en especímenes de mezclas compactadas (Minaya & Ordóñez, 2001).	33
Figura 6: Esquema de un agregado mineral en estado suelto (Minaya & Ordóñez, 2001).	36



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Curva granulométrica de la mezcla de áridos.....	49
Gráfica 2: Gráficas para determinar el contenido óptimo de asfalto.....	58
Gráfica 3: Relación entre el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto.....	69
Gráfica 4: Relación entre el porcentaje óptimo de asfalto y el costo de producción por m ³	70
Gráfica 5: Relación entre la absorción y el costo de producción por m ³	71



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Material proveniente de la reposición de las orillas del río Paute.	20
Fotografía 2: Material proveniente de la cantera de La Virginia.	20
Fotografía 3: Material proveniente de la reposición de las orillas del río Jubones.	21



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL



Universidad de Cuenca
Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

Francisco José Darquea Córdova, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, Septiembre de 2017

Francisco José Darquea Córdova

C.I: 0103784179



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Cláusula de Propiedad Intelectual

Francisco José Darquea Córdova, autor del trabajo de titulación "DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Septiembre de 2017

Francisco José Darquea Córdova

C.I.: 0103784179



AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la ejecución de la presente investigación, de manera especial a quienes conforman la Empresa de Áridos y Asfaltos ASFALTAR EP, por la apertura brindada al desarrollo de esta investigación y su colaboración en la ejecución de los ensayos realizados.

Un sincero agradecimiento al director de tesis, Doctor Jaime Bojorque, por su dedicación y contribución a este proyecto.

Francisco Darquea Córdova



DEDICATORIA

Este trabajo de titulación, como culminación de una etapa de estudio, trabajo y empeño, está dedicado a mis padres y hermanos y, de manera muy especial a mi esposa e hijos, quienes son la razón por la que cada esfuerzo vale la pena.

Francisco Darquea Córdova.



CAPÍTULO I

1.1. Introducción

Ante la creciente demanda de mezcla asfáltica en la provincia del Azuay para el abastecimiento de los diferentes proyectos viales que se vienen desarrollando por parte de los gobiernos seccionales de la provincia, se han adquirido por parte de instituciones y la empresa privada varias plantas asfálticas, como es el caso del Gobierno Provincial del Azuay y el Municipio de Cuenca. Debido a ellos, se requiere de costos de producción competitivos y un producto que cumpla con los requerimientos técnicos necesarios.

Teniendo en cuenta que el porcentaje de absorción de los materiales áridos constituye tan solo un elemento entre una gran cantidad de factores que influyen en los costos generados en la cadena de producción de la mezcla asfáltica en caliente, esta investigación podrá dar al lector una pauta para la selección del material árido que vaya a utilizar en la producción de hormigón asfáltico.

Las empresas e instituciones relacionadas con proyectos de vialidad, generalmente requieren de hormigón asfáltico, el mismo que está compuesto esencialmente de materiales pétreos y betún asfáltico, en este marco puede resultar económicamente inconveniente la utilización de materiales pétreos con un alto grado de absorción, debido a que esto representa un incremento en el porcentaje del betún asfáltico utilizado para la producción del hormigón, cuyo costo es el más alto en la producción de la mezcla, resultando aparentemente más beneficioso transportar materiales con menores niveles de absorción desde otras canteras hasta la planta de producción, sin considerar que el transporte del material desde canteras lejanas puede resultar un rubro importante en los costos de producción del hormigón asfáltico en caliente.

Sobre la absorción de los materiales áridos, como una propiedad de estos se conoce lo siguiente:

“La cantidad de asfalto absorbido contribuye poco o nada a la durabilidad de un pavimento asfáltico en servicio, aparte de proporcionar una mejor resistencia a la adherencia en presencia de agua.

El porcentaje de absorción de asfalto puede ser un indicador de los cambios que pueden ocurrir en la producción de mezcla en planta durante la construcción.



El porcentaje de absorción de asfalto puede ser usado para calcular el porcentaje de vacíos de aire durante el diseño de la mezcla asfáltica” (ASTM D 4469 , 2002).

Según Lee et al., 1990 se determinó que: *“La mayoría de los agregados absorben el asfalto en algún grado. La absorción de asfalto puede afectar el diseño adecuado de la mezcla por una absorción retardada.*

La absorción de asfalto está directamente relacionada con la porosidad de un agregado. Si no hay porosidad, no habrá absorción. La porosidad total es un indicador para la máxima absorción posible, pero el tamaño de poro real (permeabilidad) determina la velocidad de absorción, más nunca se podrá alcanzar la máxima absorción en la práctica.

La distribución del tamaño de poro de un agregado en relación con la permeabilidad tiene efecto directo sobre la naturaleza y el grado de absorción de asfalto. Se encontró una correlación entre el porcentaje de porosidad mayor de 1 micrón y absorción de asfalto para agregados triturados y entre porcentaje de porosidad mayor de 0,1 micras y absorción de asfalto para núcleos de roca. En general, la absorción de asfalto aumenta a medida que estas porosidades aumentan. Cuanto mayor sea la permeabilidad del agregado, mayor es la tasa de absorción de asfalto.

El tamaño y forma de las partículas de los agregados tiene un efecto sobre la velocidad de absorción, con los agregados más pequeños que se llenan a un ritmo más rápido.

La presencia de aire y/o humedad en los poros tiene un efecto sobre la velocidad de absorción.

Las propiedades de humectación del agregado, afectan el proceso de absorción”.

En otro estudio se identificó que: *“El porcentaje de los valores de absorción de agua encontrados para las mezclas de HMA (mezcla asfáltica en caliente por sus siglas en inglés) de Mississippi osciló entre 0,09 y 4,37 por ciento. Aproximadamente el 60 por ciento de los agregados tenía un valor de absorción de agua entre 0,5 y 1,75 por ciento. Aproximadamente el 25 por ciento de los agregados tenía un valor de absorción de agua por encima del 1,75 por ciento.*

Se observó una tendencia al aumento del asfalto absorbido a través del proceso de producción y construcción para las muestras de campo y recalentamiento.” (Cooley & Williams, 2013).

Khatri y Kandhal (1991) han medido que “la absorción de agua y asfalto de estos agregados:

RK-basalto, mostró una absorción de agua sustancial pero casi sin absorción de asfalto por el método de RICE. RC-piedra caliza, por el contrario, tiene grandes poros y es altamente



absorbente de agua y asfalto. RC-piedra caliza, es también un agregado muy polvoriento, que formaron una solución fangosa en la prueba de RICE. RL-grava tiene fama de ser variable en el comportamiento, que es causada muy probablemente por su variabilidad en mineralogía.” (Curtis, 1993).

“El proceso de absorción de asfalto en agregado se produce cuando el asfalto llena las grietas y poros del agregado. La absorción ocurre en el punto de contacto inicial del asfalto con el agregado y luego continúa durante períodos de tiempo bastante largos hasta que se alcanza un estado de cuasi equilibrio. La cantidad absorbida puede variar con la temperatura y otras condiciones climáticas” (Curtis, 1993).

1.2. Objetivos

Los objetivos planteados son los que se indican a continuación:

1.2.1. Objetivo general

Determinar del grado de absorción de los materiales áridos, provenientes de las minas en el cantón Paute, principalmente, material de reposición de las orillas del río Paute y canteras de esta misma cuenca como La Virginia y un tercer material tomado de las orillas del río Jubones en el sector de Huscachaca del cantón Santa Isabel y su incidencia en los costos de producción de mezcla asfáltica en caliente.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar por su grado de absorción los materiales provenientes de:
 - a) Reposición de las orillas del río Paute
 - b) Canteras de la cuenca del río Paute (mina de La Virginia)
 - c) Reposición de las orillas del río Jubones
- Determinar el porcentaje óptimo de asfalto para la producción de hormigón asfáltico con los diferentes materiales áridos.
- Realizar un análisis económico de la variación del costo de una mezcla asfáltica en función del porcentaje de absorción de los materiales de las diferentes zonas en consideración.



1.3. Alcance

Con la elaboración de este trabajo se determinan los porcentajes de absorción máximos y mínimos que los áridos gruesos y finos de la cuenca del río Paute y río Jubones con el fin de optimizar la dosificación del betún asfáltico, rubro importante en la mezcla asfáltica.

Para la comprobación de los requisitos de calidad se verificarán los resultados con la normativa nacional establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador

Para cada sitio de análisis se efectuaron tres ensayos para determinar el porcentaje de absorción de los áridos y el porcentaje óptimo de asfalto por el método de Marshall, con mezclas cuyos tamaños máximos del árido son de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Para el caso de los materiales provenientes de la cuenca del río Paute se ensayó con dosificaciones de 5.5, 6.0, 6.5 y 7.0% de betún asfáltico y para los materiales provenientes de la cuenca del río Jubones, con dosificaciones del 6.0, 6.5, 7.0 y 7.5% de betún asfáltico. La diferencia en la dosificación radica en el rango que se establece para cada tipo de material en función de su grado de absorción, este rango es fijado de acuerdo a las experiencias obtenidas por los laboratoristas. Para el ensayo de cada dosificación se elaboraron tres briquetas. Por otro lado, para cada uno de los materiales analizados se repitió el ensayo tres veces, con el fin de lograr una mayor certeza en los resultados finales, que por cada material analizado serán promediados. En total se realizaron 108 briquetas.



CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES ANALIZADOS

En este capítulo se desarrolla la caracterización de los materiales analizados y el marco teórico en el que se despliegan los ensayos. De manera intercalada se realiza un ejemplo de los ensayos realizados.

2.1. Origen geológico de los agregados utilizados

Debido a que tanto los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute y de las canteras cercanas como es la mina de La Virginia, se encuentran ubicadas en la misma zona geográfica, se realiza una sola descripción geológica (Instituto Geográfico Militar, 1980). Por otro lado, para los materiales provenientes del sector de Huascachaca se indica su propia delineación geológica (Altior Cía. Ltda., 2016).

2.1.1. Material del río Paute y canteras de La Virginia en el cantón Paute

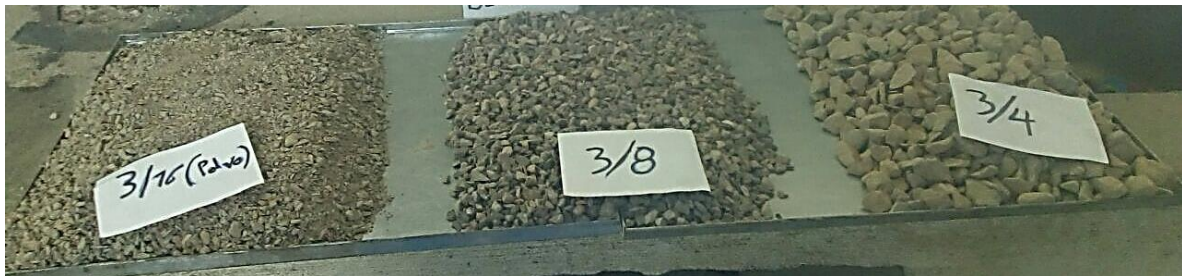
En la zona analizada existe la presencia de depósitos coluviales y rocas que pertenecen a la Serie Paute del paleozoico o mesozoico, conformada por los esquistos del Pan y los meta-volcánicos de San Francisco, constituidos por arcillolitas de color púrpura y verde con niveles de areniscas y conglomerados finos, los clastos consisten de cuarzos lechosos y cuarcitas, en menor proporción se notan filitas y volcánicos. Además, están constituidas por los denominados volcánicos de Llaeo del periodo Cuaternario compuesto de flujos piroclásticos, conglomerados y areniscas de origen volcánico (Instituto Geográfico Militar, 1980).

El material utilizado para la investigación corresponde a la extracción de material de depósitos aluviales constituidos en su mayoría por lavas volcánicas duras y resistentes, diabasas y basaltos, también se puede observar la presencia de fragmentos de rocas sedimentarias como piedras calizas y areniscas de alta consolidación. En la Fotografía 1 se muestra el material utilizado para el estudio.



Fotografía 1: Material proveniente de la reposición de las orillas del río Paute. (Autor).

El material utilizado correspondiente a la explotación de la cantera de La Virginia se caracteriza por ser principalmente un macizo de roca ígnea, conformada en su mayoría de lavas duras y resistentes, existe también la presencia de fragmentos de rocas sedimentarias como areniscas de gran consolidación y piedras calizas. En la Fotografía 2 se muestra el material utilizado para el estudio.



Fotografía 2: Material proveniente de la cantera de La Virginia. (Autor).

2.1.2. Material del río Jubones en el cantón Santa Isabel

En la zona se determinó la presencia de material volcánico y vulcano-sedimentario del Grupo Saraguro del periodo Terciario oligoceno y la formación Jubones del periodo Terciario mioceno, se encuentra también la formación Santa Isabel que se distingue por la intercalación de estratos volcánicos con estratos sedimentarios en el resto del área. Las formaciones sedimentarias puras están representadas por el Grupo Ayancay y la formación Uchucay, ambas pertenecen al Terciario alto (Altior Cía. Ltda., 2016).

El material utilizado para la investigación corresponde a la extracción de material de depósitos aluviales constituidos en su mayoría por lavas duras y resistentes, así como por una importante presencia de rocas de sedimentarias de tipo, silíceas y calizas, arcillas esquistosas y areniscas de alta consolidación.

En la Fotografía 3 se muestra el material triturado, originario de las minas de Huaschacha del

cantón Santa Isabel.



Fotografía 3: Material proveniente de la reposición de las orillas del río Jubones. (Autor).

2.2. Ensayos realizados

Simultáneamente, con la descripción del marco teórico se irá desarrollando a manera de ejemplo la determinación de las características de los materiales analizados y los correspondientes cálculos del porcentaje de absorción y el porcentaje de asfalto óptimo de la mezcla asfáltica.

Como ejemplo se discutirán los análisis de una de las muestras del material proveniente de la reposición de las orillas del río Paute.

El ejemplo que se realizará consiste en 12 probetas con la misma granulometría y con diferentes contenidos de asfalto en un rango entre el 5.5% y el 7%, se han realizado en intervalos de 0.5%, 3 probetas con cada porcentaje. El tamaño de las probetas es de 2.5 pulgadas de espesor y 4 pulgadas de diámetro. Dichas probetas se preparan siguiendo la norma del ensayo (ASTM D-1559).

Las probetas preparadas se romperán en la prensa Marshall, midiendo su estabilidad (resistencia) y flujo (deformación). Para determinar los porcentajes de vacíos de las mezclas, se determinarán previamente los pesos específicos de los materiales empleados y de las probetas compactadas, antes del ensayo de rotura.

A continuación se describen los conceptos necesarios para la presente investigación.

2.2.1. Gravedad específica

Con el fin de calcular el contenido de vacíos de las mezclas asfálticas en caliente compactado, es necesario determinar la gravedad específica del agregado (G_s), que por definición es la



relación del peso por unidad de volumen de un material con respecto del mismo volumen de agua a 23°C (Minaya & Ordóñez, 2001), y se expresa usando la ecuación 1:

$$\text{Gravedad Específica} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen} \times \text{peso específico del agua}} \quad (\text{I}).$$

Considerando el peso específico del agua, de acuerdo al SI como 1.0 gr/cm^3 se tiene que:

$$\text{Gravedad Específica} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}} \quad (\text{II}).$$

Al trabajar con diseño de mezclas asfálticas en caliente se consideran tres diferentes gravedades específicas que definen el volumen de las partículas de áridos:

- Gravedad Específica Seca Aparente
- Gravedad Específica Seca BULK (neta)
- Gravedad Específica Efectiva

Para ilustrar los conceptos listados se utiliza el esquema peso-volumen de la partícula de agregado presentado en la Figura 1.

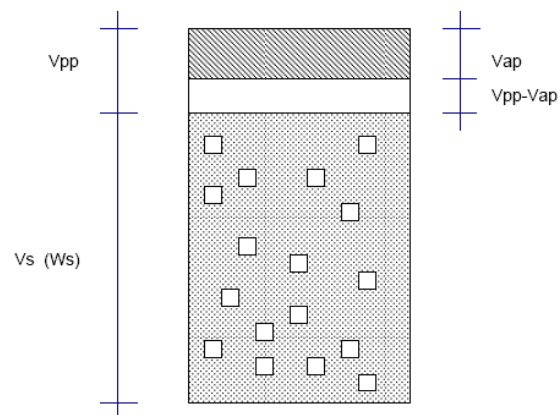


Figura 1: Esquema de relaciones entre las diferentes Gravedades Específicas de una partícula de agregado (Minaya & Ordóñez, 2001).

donde:

V_s Volumen del agregado seco incluyendo los vacíos impermeables

V_{pp} Volumen de poros permeables al agua

V_{ap} Volumen de poros que absorbieron asfalto

$V_{pp}-V_{ap}$ Volumen de poros permeables al agua menos los poros que absorbieron asfalto

W_s Peso de agregado secado al horno

Nota:- El agregado contiene poros impermeables que no se detallarán en las ecuaciones pero que es implícito que se están considerando.

➤ **Gravedad específica seca aparente (G_{sa})**

La gravedad específica seca aparente incluye solamente el volumen de las partículas de agregado más los poros interiores que no han sido llenados con agua después de 24 horas de inmersión. En la Figura 2 se representa un esquema de los vacíos permeables e impermeables del agregado.

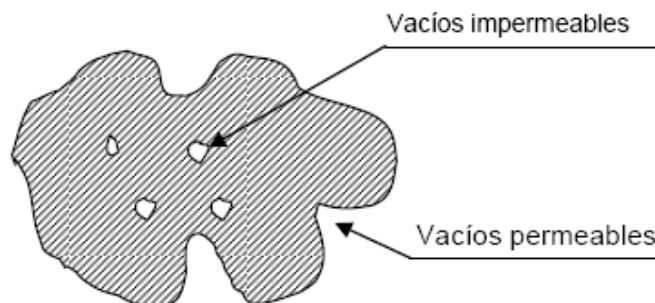


Figura 2: Esquema de los vacíos permeables e impermeables del agregado (Minaya & Ordóñez, 2001).

Lo que se determina mediante la ecuación III y IV



$$\text{Gravedad específica seca aparente} = \frac{\text{Peso del agregado}}{\text{Volumen del agregado}} \quad (\text{III}).$$

$$\text{Gravedad específica seca aparente} = G_{sa} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad (\text{IV}).$$

➤ **Gravedad específica seca neta (G_{sb})**

En este caso se incluye el volumen total de las partículas de agregados, así como el volumen de los poros llenos de agua luego de 24 horas de inmersión. En la Figura 3 se representa un esquema de los poros llenos de agua.

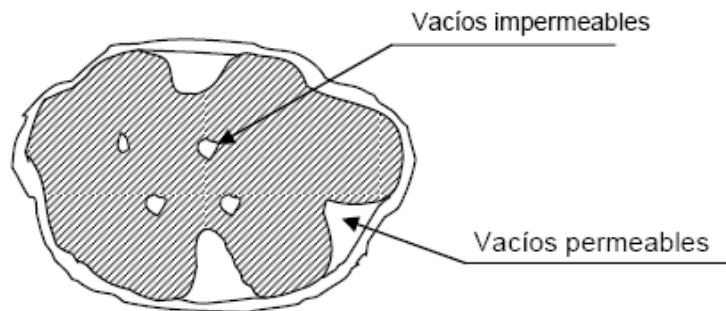


Figura 3: Esquema de los poros llenos de agua (Minaya & Ordóñez, 2001).

Lo que se determina en las ecuaciones V y VI.

$$\text{Gravedad específica seca (neta)} = \frac{\text{Peso del agrgado seco}}{\text{Volumen del agregado más los vacíos permeables}} \quad (\text{V}).$$

$$\text{Gravedad específica seca (neta)} = G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp}) \gamma_w} \quad (\text{VI}).$$

**Gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{ssb})**

La gravedad específica saturada superficialmente seca se define por la relación entre el peso del agregado en su condición saturada superficialmente seca, que se obtiene secando las partículas con un paño luego de la inmersión y el volumen del agregado incluido los vacíos permeables, como se determina en las ecuaciones VII y VIII.

$$\text{Grav. Esp. Sat. Sup. Seca} = \frac{\text{Peso del agrgado saturado superficialmente seco}}{\text{Volumen del agregado más los vacíos permeables}} \quad (\text{VII}).$$

$$\text{Gravedad esp. Sat. Superficialmte Seca} = G_{ssb} = \frac{W_{sss}}{(V_s + V_{pp})\gamma_w} \quad (\text{VIII}).$$

donde:

W_{sss} Peso del Suelo Superficialmente Saturado Seco

La gravedad específica saturada superficialmente seca se usa por la U.S. Corps of Engineers para el diseño y control de Mezclas Asfálticas en Caliente cuando se usan agregados con porcentajes de absorción mayores que 2.5%.

Para la determinación de la gravedad específica seca y seca aparente de agregados gruesos y finos se aplica las normas ASTM C-127 y C-128, respectivamente.

➤ **Gravedad específica para los agregados gruesos aplicando la norma ASTM C-127**

Los equipos y procedimientos para determinar la gravedad específica en agregados gruesos se encuentran en AASHTO T-85 y ASTM C-127. El método se describe brevemente a continuación (Minaya & Ordóñez, 2001):

1. Se toma una muestra de alrededor de 1 kg del material lavado y retenido en el tamiz N°4 y posteriormente secado.
2. La muestra seca es sumergida por 24 horas en agua.



3. Se retira la muestra del agua.
4. Se determina el peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca.
5. Se coloca la muestra en condiciones SSS en una sesta y se determina el peso sumergido en agua.
6. Se seca la muestra al horno hasta obtener peso constante.
7. Se calcula la gravedad específica de la siguiente manera:

A *Peso en el aire del agregado seco al horno, g.*

B *Peso en el aire del agregado saturado superficialmente seco, g.*

C *Peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua, g.*

Mediante la ecuación IX se determina la gravedad específica seca aparente.

$$G_{sa} = \frac{A}{A - C} \quad (IX).$$

Mediante la ecuación X determinamos la gravedad específica seca

$$G_{sb} = \frac{A}{B - C} \quad (X).$$

Mediante la ecuación XI determinamos la gravedad específica saturada superficialmente seca.

$$G_{sss} = \frac{B}{B - C} \quad (XI).$$

Mediante la ecuación XII determinamos el porcentaje de absorción de los materiales áridos.



$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(B - A)100}{A} \quad (\text{XII}).$$

Para el ejemplo tenemos los siguientes valores:

Material de $\phi < 3/4''$ de las orillas del río Paute:

- A Peso en el aire del agregado seco al horno: **1184 g.**
- B Peso en el aire del agregado saturado superficialmente seco: **1200 g.**
- C Peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua: **755 g.**

Se obtiene mediante la ecuación IX una gravedad específica aparente (G_{sa}) de 2.76 g/cm³.

$$G_{sa} = \frac{1184}{1184 - 755} = 2.76 \text{ g/cm}^3$$

La gravedad específica neta (G_{sb}) para este ejemplo es de 2.661 g/cm³ determinada de la ecuación X.

$$G_{sb} = \frac{1184}{1200 - 755} = 2.661 \text{ g/cm}^3$$

La gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{sss}) para este ejemplo es de 2.70 g/cm³ determinada de la ecuación XI.

$$G_{sss} = \frac{1200}{1200 - 755} = 2.70 \text{ g/cm}^3$$

El porcentaje de absorción del material analizado en el ejemplo es de 1.351% y está determinado por la ecuación XII.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(1200 - 1184) \times 100}{1184} = 1.351 \%$$



Para el material de $\phi < 3/8$ " de las orillas del río Paute se tiene:

- A Peso en el aire del agregado seco al horno: **1161 g.**
- B Peso en el aire del agregado saturado superficialmente seco: **1200 g.**
- C Peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua: **727 g.**

Se obtiene mediante la ecuación IX una gravedad específica aparente (G_{sa}) de 2.68 g/cm^3 .

$$G_{sa} = \frac{1161}{1161 - 727} = 2.68 \text{ g/cm}^3$$

La gravedad específica neta (G_{sb}) para este ejemplo es de 2.455 g/cm^3 determinada de la ecuación X.

$$G_{sb} = \frac{1161}{1200 - 727} = 2.455 \text{ g/cm}^3$$

La gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{sss}) para este ejemplo es de 2.54 g/cm^3 determinada de la ecuación XI.

$$G_{sss} = \frac{1200}{1200 - 727} = 2.54 \text{ g/cm}^3$$

El porcentaje de absorción del material analizado en el ejemplo es de 3.359% y está determinado por la ecuación XII.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(1200 - 1161) \times 100}{1161} = 3.359 \%$$

➤ **Gravedad específica para los agregados finos aplicando la norma ASTM C-128**

Los equipos y procedimientos para determinar la gravedad específica aparente y neta de los agregados finos se detallan en AASHTO T-84 y ASTM C-128. El método es brevemente como sigue (Minaya & Ordóñez, 2001):



1. Se toma una muestra de alrededor de 1 kg del material del agregado que pasa el tamiz N°4 y posteriormente es secado.
2. La muestra seca es sumergida por 24 horas en agua.
3. Se extiende el material en una superficie plana y se expone a una corriente de aire caliente.
4. La condición SSS se alcanza cuando el material cae al invertirse el cono en el que la muestra del material fue suavemente compactada.
5. Se toma aproximadamente 500 g del material en la condición saturada superficialmente seca (SSS) y se colocan en un matraz que se llena con agua.
6. El agregado se saca del matraz, se seca al horno hasta obtener peso constante.
7. Se calcula la gravedad específica de la siguiente manera:

- A* *Peso en el aire del agregado seco al horno, g.*
- B* *Peso del matraz (picnómetro) con agua, g.*
- C* *Peso del matraz (picnómetro) con el agregado y agua hasta la marca g.*
- D* *Peso del material saturado superficialmente seco (500+10 g.)*

Mediante la ecuación XIII se determina la gravedad específica seca aparente (G_{sa}).

$$G_{sa} = \frac{A}{B + A - C} \quad \text{(XIII).}$$

Mediante la ecuación XIV se determina la gravedad específica seca neta (G_{sb})

$$G_{sb} = \frac{A}{B + D - C} \quad \text{(XIV).}$$

Mediante la ecuación XV se determina la gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{sss})



$$G_{sss} = \frac{D}{B + D - C} \quad (XV).$$

Mediante la ecuación XVI se determina el porcentaje de absorción de los agregados finos

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(D - A)100}{A} \quad (XVI).$$

Para el ejemplo se determina los siguientes valores:

Material de $\phi < 3/16''$ de las orillas del río Paute:

- A Peso en el aire del agregado seco al horno: **495.30 g.**
- B Peso del matraz (picnómetro) con agua: **1433.10 g.**
- C Peso del matraz (picnómetro) con el agregado y agua hasta la marca: **1746.10 g.**
- D Peso del material saturado superficialmente seco: **500 g.**

Se obtiene mediante la ecuación XIII una gravedad específica aparente (G_{sa}) de 2.72 g/cm³

$$G_{sa} = \frac{495.30}{1433.10 + 495.30 - 1746.10} = 2.72 \text{ g/cm}^3$$

La gravedad específica neta (G_{sb}) para este ejemplo es de 2.649 g/cm³ determinada de la ecuación XIV.

$$G_{sb} = \frac{495.30}{1433.10 + 500 - 1746.10} = 2.649 \text{ g/cm}^3$$

La gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{sss}) para este ejemplo es de 2.67 g/cm³ determinada de la ecuación XV.

$$G_{sss} = \frac{500}{1433.10 + 500 - 1746.10} = 2.67 \text{ g/cm}^3$$



El porcentaje de absorción del material analizado en el ejemplo es de 0.94% y está determinado por la ecuación XVI.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(500 - 495.30) \times 100}{495.30} = \mathbf{0.940\%}$$

Material pasante el tamiz Nro. 4 (arena de río) de las orillas del río Paute:

- A Peso en el aire del agregado seco al horno: **486.50 g.**
- B Peso del matraz (picnómetro) con agua: **1311.40 g.**
- C Peso del matraz (picnómetro) con el agregado y agua hasta la marca: **1628.00 g.**
- D Peso del material saturado superficialmente seco: **500 g.**

Se obtiene mediante la ecuación XIII una gravedad específica aparente (G_{sa}) de 2.86 g/cm³

$$G_{sa} = \frac{486.50}{1311.40 + 486.50 - 1628.00} = \mathbf{2.86 \text{ g/cm}^3}$$

La gravedad específica neta (G_{sb}) para este ejemplo es de 2.653 g/cm³ determinada de la ecuación XIV.

$$G_{sb} = \frac{486.50}{1311.40 + 500 - 1628.00} = \mathbf{2.653 \text{ g/cm}^3}$$

La gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{sss}) para este ejemplo es de 2.73 g/cm³ determinada de la ecuación XV.

$$G_{sss} = \frac{500}{1311.40 + 500 - 1628.00} = \mathbf{2.73 \text{ g/cm}^3}$$

El porcentaje de absorción del material analizado en el ejemplo es de 2.78% y está determinado por la ecuación XVI.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(500 - 486.50) \times 100}{486.50} = 2.78 \%$$

A continuación se describe las propiedades volumétricas de las mezclas como son los vacíos con aire (V_a), vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos con asfalto (VFA), y contenido de asfalto efectivo (P_{be}).

2.2.2. Propiedades volumétricas de las mezclas

Las propiedades volumétricas de las mezclas compactadas permiten advertir ciertos comportamientos del pavimento en servicio, a través de: los vacíos con aire (V_a), vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos con asfalto (VFA), y contenido de asfalto efectivo (P_{be}). En la Figura 4 se ve un esquema de las mezclas asfálticas y sus propiedades volumétricas.

Las propiedades volumétricas de las mezclas compactadas se aplican en todos los diseños de mezclas.

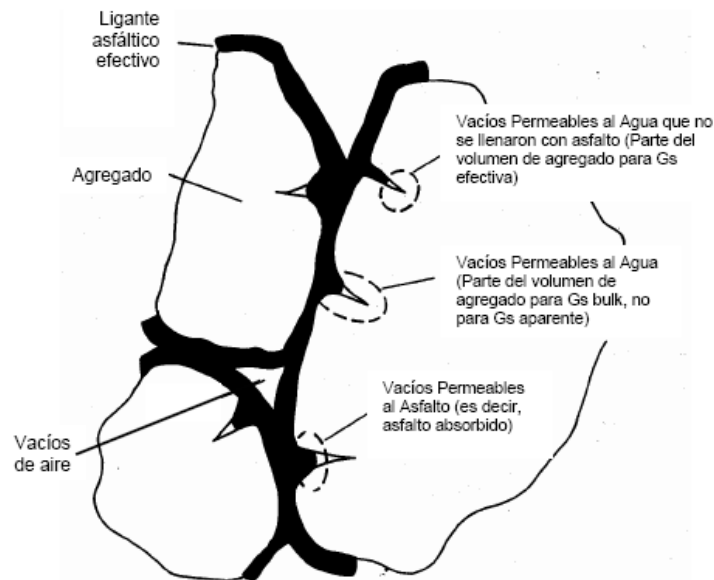


Figura 4: Esquema de las mezclas asfálticas y sus propiedades volumétricas (Minaya & Ordóñez, 2001).

Con la finalidad de determinar las variables a continuación se describe algunas definiciones que se presentan en la Figura 5 (Minaya & Ordóñez, 2001).

- ***Vacíos en el Agregado Mineral (VMA)***

Es el volumen efectivo ocupado por el asfalto y los vacíos atrapados entre los agregados recubiertos, se expresa como un porcentaje del volumen total de la muestra.

- ***Asfalto efectivo (Pbe)***

Es el contenido de asfalto total de la mezcla menos la porción de asfalto que se pierde por absorción dentro de la partícula de agregado.

- ***Vacíos de aire (Va)***

Es el volumen de aire atrapado, entre las partículas de agregado recubierto por asfalto, luego de la compactación.

- ***Vacíos llenos con asfalto (VFA)***

Es el volumen ocupado por el asfalto efectivo ó el porcentaje de vacíos en el agregado mineral, VMA, ocupado por asfalto.

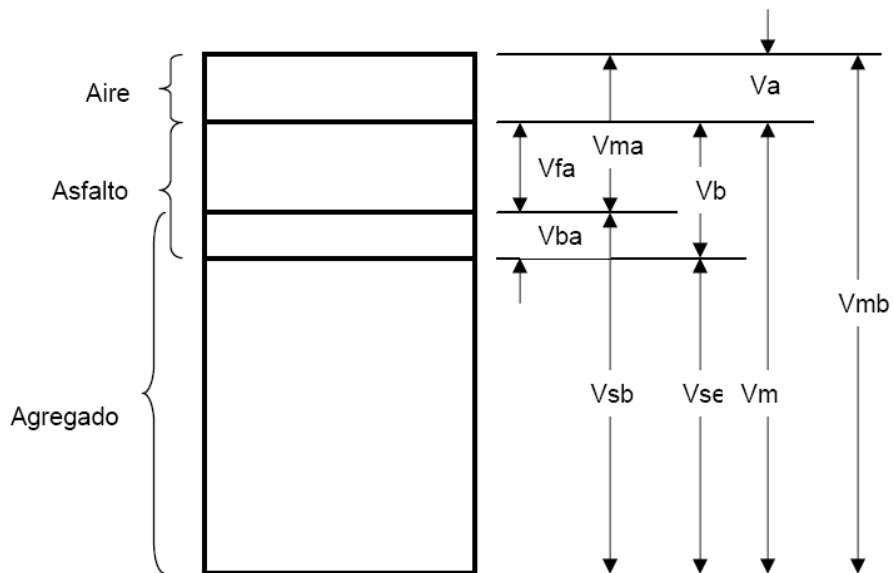


Figura 5: Representación de volúmenes en especímenes de mezclas compactadas (Minaya & Ordóñez, 2001).



donde:

- VMA Volumen de vacíos en el agregado mineral
- V_{mb} Volumen bulk de la mezcla compactada
- V_{mm} Volumen de la mezcla suelta
- V_{fa} Volumen de vacíos llenos con asfalto
- V_a Volumen de vacíos con aire
- V_b Volumen de asfalto
- V_{ba} Volumen de asfalto absorbido
- V_{sb} Volumen de agregado mineral (para gravedad específica)
- V_{se} Volumen de agregado mineral (para gravedad específica efectiva)

Parte importante del diseño de mezclas es la determinación de la gravedad específica bulk de la mezcla asfáltica compactada según la Norma ASTM D1188. Este método es útil para calcular el porcentaje de vacíos de aire en el diseño Marshall.

Los especímenes utilizados en este ensayo pueden ser mezclas asfálticas compactadas en el laboratorio o extraídas de campo.

El ensayo consiste en pesar el espécimen seco después que haya permanecido al aire por lo menos durante una hora, a la temperatura ambiente. El espécimen se lleva a su condición saturada superficialmente seca y se sumerge en agua y pesa.

La gravedad específica bulk (G_{mb}) de la mezcla asfáltica compactada se determina mediante la ecuación XVII.

$$G_{mb} = \frac{W_D}{W_{SSD} - W_{sumergido}} \quad (XVII).$$

donde:

- G_{mb} Gravedad Específica Bulk de mezcla compactada
- W_D Peso al aire del espécimen seco
- W_{SSD} Peso al aire del espécimen saturado superficialmente seco
- $W_{sumergido}$ Peso del espécimen saturado superficialmente seco sumergido



Para el ejemplo, las lecturas de las tres briquetas ensayadas con una dosificación del 5.5% de betún asfáltico se detallan en la Tabla 1:

Especimen #	Pesos [g]		
	Aire seco W_D	Aire SSS W_{SSD}	Agua $W_{SUMERGIDO}$
1	1279.0	1283.3	719.2
2	1193.3	1195.6	673.3
3	1204.4	1207.7	676.1

Tabla 1: Lecturas de los pesos de los especímenes o briquetas ensayadas.

La gravedad específica para cada una de las briquetas ensayadas es determinada con la ecuación XVII.

$$G_{mb1} = \frac{1279}{1283.3 - 719.2} = 2.267 \text{ g/cm}^3$$

$$G_{mb2} = 2.285 \text{ g/cm}^3$$

$$G_{mb3} = 2.266 \text{ g/cm}^3$$

Mediante una media aritmética de los pesos específicos obtenidos de los tres especímenes analizados se obtiene que:

$$G_{mb} = 2.273 \text{ g/cm}^3$$

Adicionalmente, es necesario determinar la Gravedad Específica Teórica Máxima (G_{mm}) también llamada Gravedad Especifica RICE debido a que James Rice desarrolló el procedimiento de ensayo (Minaya & Ordóñez, 2001).

Este método de laboratorio determina la Gravedad Especifica Teórica Máxima de mezclas asfálticas en su estado suelto con el procedimiento descrito a continuación:

1. Se separan las partículas teniendo cuidado de no fracturarlas
2. La muestra suelta se coloca en un recipiente y pesa

3. Se le añade agua hasta cubrir la muestra y remover el aire atrapado con la bomba de vacíos
4. Se vierte con cuidado el agua
5. Se seca la muestra ensayada

Por definición la gravedad específica Teórica Máxima se determina con la ecuación XVIII.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (\text{XVIII}).$$

donde:

G_{mm}	Gravedad específica teórica máxima, RICE
P_{mm}	Peso total de la mezcla (100%)
P_s	Peso del agregado en porcentaje
P_b	Peso del asfalto en porcentaje
G_{se}	Gravedad específica efectiva del agregado impregnado con asfalto
G_b	Gravedad específica del asfalto

En la Figura 6 se ve el esquema de un agregado mineral en estado suelto luego de haber sido separado de la mezcla.

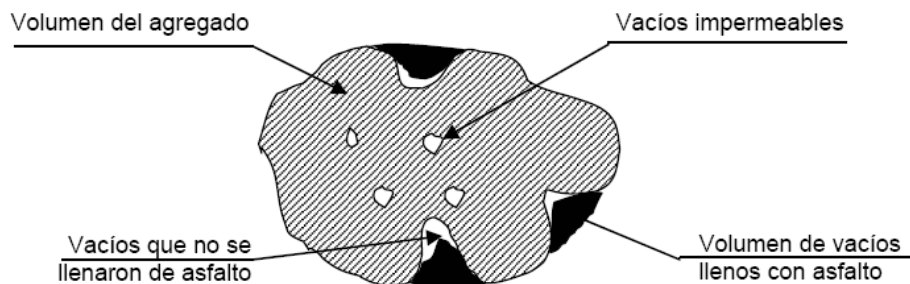


Figura 6: Esquema de un agregado mineral en estado suelto (Minaya & Ordóñez, 2001).



A continuación se listan todas las mediciones y cálculos necesarios para el análisis de las mezclas:

Medir la gravedad específica bulk del agregado grueso conforme las normas AASHTO T85 ó ASTM C127 y del agregado fino conforme las normas AASHTO T84 ó ASTM C128.

- Medir la gravedad específica del cemento asfáltico (AASHTO T228 ó ASTM D70) y del filler mineral (AASHTO T100 ó ASTM D854).
- Calcular la gravedad específica bulk de la combinación de agregados en la mezcla.
- Medir la Gravedad Específica Teórica Máxima de la mezcla suelta (ASTM D2041)
- Medir la Gravedad Específica Bulk de la mezcla compactada (ASTM D1188 ó ASTM D2726)
- Calcular la Gravedad Específica Efectiva del Agregado.
- Calcular la Gravedad Específica Teórica Máxima de la mezcla para otros contenidos de asfalto
- Calcular el porcentaje de asfalto absorbido por el agregado, Pba.
- Calcular el contenido de asfalto efectivo de la mezcla, Pbe.
- Calcular el porcentaje de vacíos de la mezcla compactada, VMA.
- Calcular el porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada, Va
- Calcular el porcentaje de vacíos llenos con asfalto.

Las ecuaciones y métodos necesarios para determinar los parámetros se detallan a continuación (Minaya & Ordóñez, 2001).

➤ **La gravedad específica bulk de la combinación de agregados, G_{sb}**

Cuando la muestra se ensaya en fracciones separadas (por ejemplo, grueso y fino), el valor se calcula con la ecuación XIX.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (\text{XIX}).$$

con:

G_{sb} Gravedad específica promedio

G_1, G_2, \dots, G_n Valores de gravedad específica por fracción 1, 2, ..., n



P_1, P_2, \dots, P_n Porcentaje en pesos de la fracción 1, 2, ..., n

La gravedad específica bulk del filler mineral es sustituida por la gravedad específica aparente del filler, obteniendo un error despreciable. Esta ecuación se puede aplicar para determinar la gravedad específica bulk y aparente de la combinación de agregados.

Como ejemplo se presentan los siguientes valores, considerando que se calcula la gravedad específica promedio para las briquetas confeccionadas con una dosificación del 5.5% de betún asfáltico y los porcentajes de la dosificación granulométrica de los áridos que se presenta en la Tabla 2.

Agregados			% Agreg
Tamiz	% Total	Peso neto	
3/4	26.00	2.661	24.64
3/8	13.00	2.455	12.32
3/16	43.00	2.649	40.76
Arena	18.00	2.653	17.06
Asfalto	5.5	1.026	5.21
TOTAL			100.00

Tabla 2: Composición granulométrica para el ejemplo de cálculo de la gravedad específica promedio.

Con base a la ecuación XIX se determina la gravedad específica bulk de la combinación de los agregados (G_{sb}).

$$G_{sb} = \frac{24.64 + 12.32 + 40.76 + 17.06}{\frac{24.64}{2.661} + \frac{12.32}{2.455} + \frac{40.76}{2.649} + \frac{17.06}{2.653}} = 2.625 \text{ g/cm}^3$$

➤ **La gravedad específica efectiva del agregado, G_{se}**

La gravedad específica efectiva se obtienen a partir del cálculo de la gravedad específica teórica máxima de mezclas asfálticas (G_{mm}) ASTM D-2041, este ensayo se realiza sobre mezclas sueltas, de esa manera se eliminan los vacíos de aire.

En general

$$G_{sa} > G_{se} > G_{sb}$$



Por definición:

$$G_{se} = \frac{W_s}{V_{efec}} \quad (XX).$$

El volumen efectivo es el volumen del agregado más los vacíos permeables al agua que no se llenaron de asfalto. En el ensayo de gravedad específica teórica máxima (G_{mm}), se mide el volumen de la mezcla suelta y el volumen del cemento asfáltico se calcula con su peso y su gravedad específica. El volumen efectivo del agregado se determina sustrayendo el volumen del cemento asfáltico del volumen total, (ecuación XXII).

$$G_{se} = \frac{W_T - P_b(W_T)}{V_{TV} - V_{AC}} \quad (XXI).$$

Se sustituyendo los volúmenes,

$$G_{se} = \frac{W_T - P_b(W_T)}{\frac{V_T}{G_{mm}} - \frac{V_{AC}}{G_b}} \quad (XXII).$$

Simplificando,

$$G_{se} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (XXIII).$$

donde:

W_s Peso del agregado

V_{AC} Volumen del cemento asfáltico total

V_{efec} Volumen efectivo

W_T Peso total de la mezcla

V_{TV} Volumen total de la mezcla suelta

P_b Contenido de asfalto, porcentaje del peso total de la mezcla

W_{AC} Peso total del cemento asfáltico

Para el caso de estudio, se determinó en laboratorio una gravedad específica teórica máxima (RICE) $G_{mm} = 2.50 \text{ g/cm}^3$, para lo que da la siguiente gravedad específica efectiva del



agregado:

$$G_{se} = \frac{100 - 5.21}{\frac{100}{2.50} - \frac{5.21}{1.026}} = 2.714 \text{ g/cm}^3$$

➤ **La gravedad específica teórica máxima de la mezcla para otros contenidos de asfalto, G_{mm}**

En el caso de diseño de mezclas con un agregado dado, para determinar el porcentaje de vacíos de aire para contenido de asfalto, se requiere conocer la gravedad específica teórica máxima.

La gravedad específica teórica máxima para otros contenidos de asfalto se puede determinar con la ecuación XXVII. Para efectos prácticos la gravedad específica efectiva del agregado es constante porque el asfalto absorbido no varía apreciablemente con las variaciones del contenido de asfalto.

Por definición la gravedad específica teórica máxima está dada por la ecuación XXIV.

$$G_{mm} = \frac{W_s + W_{AC}}{V_{efectivo} + V_{AC}} \quad (XXIV).$$

Sustituyendo:

$$G_{mm} = \frac{W_T}{\frac{W_s}{G_{se}} + \frac{W_{AC}}{G_b}} \quad (XXV).$$

$$G_{mm} = \frac{W_T}{\frac{W_T(1 - P_b)}{G_{se}} + \frac{W_T P_b}{G_b}} \quad (XXVI).$$

Simplificando y asumiendo que el peso total es el 100%



$$G_{mm} = \frac{1}{\frac{1 - P_b}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (\text{XXVII}).$$

➤ **Porcentaje de asfalto absorbido, Pba**

El porcentaje de asfalto absorbido del agregado mineral usualmente se expresa por peso del agregado más que por peso de la mezcla total. La ecuación XXXII calcula el asfalto absorbido y puede obtenerse a partir de:

$$P_{ba} = \left(\frac{W_{ba}}{\frac{W_{ba}}{W_s}} \right) \times 100 \quad (\text{XXVIII}).$$

Sustituyendo, peso = volumen x gravedad específica.

$$P_{ba} = \left(\frac{V_{ba} \times G_b}{W_s} \right) \times 100 \quad (\text{XXIX}).$$

El volumen de asfalto absorbido es la diferencia entre el volumen bulk del agregado y su volumen efectivo. Por lo tanto,

$$P_{ba} = \frac{(V_{sb} - V_{se}) \times G_b}{W_s} \times 100 \quad (\text{XXX}).$$

Sustituyendo, volumen = peso/ gravedad específica.

Simplificando,

$$P_{ba} = \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} \times G_b \times 100 \quad (\text{XXXI}).$$

$$P_{ba} = \frac{\left(\frac{W_s}{G_{sb}} - \frac{W_s}{G_{se}} \right) \times G_b}{W_s} \times 100 \quad (\text{XXXII}).$$

donde:



P_{ba} Porcentaje de asfalto absorbido por peso del agregado

W_{ba} Peso de asfalto absorbido

W_s Peso del agregado

Para el ejemplo, se aplica la ecuación XXXI.

$$P_{ba} = \frac{2.714 - 2.625}{2.714 \times 2.625} \times 1.026 \times 100 = \mathbf{1.281\%}$$

➤ **Porcentaje de asfalto efectivo, P_{be}**

El contenido de asfalto efectivo, P_{be} , de la mezcla es el contenido total de asfalto menos la cantidad de asfalto que absorbió el agregado. Esta es la capa de asfalto que recubre exteriormente el agregado y es el contenido de asfalto que gobierna el comportamiento de la mezcla asfáltica.

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba} \times P_s}{100} \quad (\text{XXXIII}).$$

donde:

P_{be} Contenido de asfalto efectivo, porcentaje por peso total de la mezcla

P_b Contenido de asfalto, porcentaje del peso total de la mezcla

P_s Contenido de agregado, porcentaje por peso total de la mezcla

Para el ejemplo:

$$P_{be} = 5.21 - \frac{1.281 \times (100 - 5.21)}{100} = \mathbf{4\%}$$

➤ **Volumen de vacíos en el agregado mineral en mezcla compactada, VMA**

Como ya se indicó el volumen de vacíos en el agregado mineral (VMA) es un factor importante para el diseño de mezclas. La fórmula para VMA puede obtenerse considerando la relación peso-volumen de la Figura 5. Se recomienda que el cálculo sea realizado con la gravedad específica bulk del agregado y se determina con la ecuación XXXVIII.



$$VMA = \frac{V_T - V_{sb}}{V_T} \times 100 \quad (\text{XXXIV}).$$

$$VMA = 100 - \frac{V_{sb}}{V_T} \times 100 \quad (\text{XXXV}).$$

$$VMA = 100 - \frac{\frac{W_s}{G_{sb}}}{\frac{W_t}{G_{mb}}} \times 100 \quad (\text{XXXVI}).$$

$$W_s = W_T - P_b \times W_T \quad (\text{XXXVII}).$$

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb}(100 - P_b)}{G_{sb}} \right) \quad (\text{XXXVIII}).$$

Para el ejemplo, con la ecuación XXXVIII se determinó un VMA de 17.955%.

$$VMA = \left(100 - \frac{2.273(100 - 5.21)}{2.625} \right) = \mathbf{17.955 \%}$$

➤ **Porcentaje de vacíos con aire en la mezcla compactada, V_a**

La fórmula para calcular el porcentaje de vacíos de aire puede obtenerse a partir de la ecuación XXXIX.

$$V_a = \frac{V_v}{V_T} \times 100 \quad (\text{XXXIX}).$$

$$V_v = V_T - V_{fa} - V_{sb} \quad (\text{XL}).$$



Sustituyendo la ecuación XL en la ecuación XXXIX

$$V_v = \left(\frac{V_T - V_{fa} - V_{sb}}{V_T} \right) \times 100 \quad (\text{XLI}).$$

El porcentaje de vacíos con aire está definido por la ecuación XLII

$$V_a = \left(1 - \frac{V_{fa} + V_{sb}}{V_T} \right) \times 100 \quad (\text{XLII}).$$

Multiplicando el numerador y denominador por W_T y simplificando

$$V_a = \left(1 - \frac{\frac{W_T}{V_T}}{\frac{W_T}{(V_{fa} + V_{sb})}} \right) \times 100 \quad (\text{XLIII}).$$

$$V_a = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \times 100 \quad (\text{XLIV}).$$

donde:

V_a Vacíos de aire en la mezcla compactada, porcentaje del volumen total

Para el ejemplo se aplicó la ecuación XLIV y se determinó un porcentaje de vacíos con aire de 9.098%.

$$V_a = \left(1 - \frac{2.273}{2.5} \right) \times 100 = \mathbf{9.098 \%}$$

➤ Vacíos llenos con asfalto, VFA

El porcentaje de los vacíos en el agregado mineral (VMA) que son llenados por el asfalto (VFA), no incluyendo el asfalto absorbido (Garnica, 2004), se determina con la ecuación XLV.



$$VFA = \frac{VMA - V_a}{VMA} \times 100 \quad (XLV).$$

donde:

VFA Vacíos llenos con asfalto, porcentaje de VMA

VMA Vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen bulk

V_a Vacíos con aire en la mezcla compactada, porcentaje del volumen total

Para el ejemplo se determina mediante la ecuación XLV y se obtuvo el valor de VFA de 49.327%

$$VFA = \frac{17.955 - 9.098}{17.955} \times 100 = \mathbf{49.327\%}$$

Para el análisis de la granulometría empleada para las mezclas asfálticas a continuación se realiza una descripción de las principales especificaciones y tolerancias.

2.2.3. Granulometría de los materiales áridos

Los tamaños usados en el análisis granulométrico para mezclas asfálticas en caliente son: 2"; 1 1/2"; 1"; 3/4"; 1/2"; 3/8"; N°4; N°8; N°16; N°30; N°50; N°100 y N°200.

“La gradación es una de las más importantes propiedades de los agregados. Este afecta todas las propiedades importantes de una mezcla asfáltica en caliente, incluyendo dureza, estabilidad, durabilidad, permeabilidad, trabajabilidad, resistencia a la fatiga, resistencia al rozamiento, y resistencia a la humedad” (Minaya & Ordóñez, 2001). Teóricamente, es razonable que la mejor gradación es la densa o bien gradada.

➤ Especificaciones y tolerancias

La presente investigación se guía en lo que establecido por el manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-f-2002, como se detalla en la Tabla 3 y siguiendo los procedimientos definidos en la NTE INEN 0696.



TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
½" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Tabla 3: Composición granulométrica de acuerdo a los porcentajes en peso que pasan a través de los tamices de malla cuadrada. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).

Para los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute, se han seleccionado cuatro tipos de materiales como son los pasantes por el tamiz de ¾", 3/8", 3/16" y arena lavada de río.

Primero se detalla por cada uno de los materiales analizados sus respectivas granulometrías, en cada uno de las Tablas 4, 5, 6 y 7 se observa datos para el presente estudio, los porcentajes de peso que pasan por las diferentes aberturas de los tamices para cada uno de los tipos de tamaños de áridos utilizados.

En la Tabla 4 se muestra la granulometría de material $\phi < ¾"$ proveniente de la reposición de las orillas del río Paute.



TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES [g]	P. RETENIDOS ACUMULADOS [g]	% RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100
1/2 "	229.00	229.00	4.58	95.42
3/8 "	3,913.00	3,913.00	78.26	21.74
No.4	265.00	4,178.00	83.56	16.44
No.8	4,182.00	4,182.00	83.64	16.36
No.30	0.00	4,185.00	83.70	16.30
No.50	0.00	4,188.00	83.76	16.24
No.100	2.00	4,190.00	83.80	16.20
No.200	21.00	4,211.00	0.00	0.00
TOTAL	5,000.00			

Tabla 4: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute pasante el tamiz 3/4".

En la Tabla 5 se muestra la granulometría de material $\phi < 3/8''$ proveniente de la reposición de las orillas del río Paute

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES [g]	P. RETENIDOS ACUMULADOS [g]	% RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	2,287.00	2,287.00	76.23	23.77
No.8	2,982.00	2,982.00	99.40	0.60
No.30	0.00	2,983.00	99.43	0.57
No.50	0.00	2,985.00	99.50	0.50
No.100	3.00	2,988.00	99.60	0.40
No.200	1.00	2,989.00	0.00	0.00
TOTAL	3,000.00			

Tabla 5: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute pasante el tamiz 3/8".

En la Tabla 6 se muestra la granulometría de material $\phi < 3/16''$ (Nro. 4) proveniente de la reposición de las orillas del río Paute



TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES [g]	P. RETENIDOS ACUMULADOS [g]	% RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	46.80	46.80	4.68	95.32
No.8	304.70	351.50	35.15	64.85
No.30	319.80	671.30	67.13	32.87
No.50	86.30	757.60	75.76	24.24
No.100	99.00	856.60	85.66	14.34
No.200	48.10	904.70	90.47	9.53
PASA 200	904.70	95.30	9.53	
TOTAL	1,000.00			

Tabla 6: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute pasante el tamiz No. 4.

En la Tabla 7 se muestra la granulometría de material $\phi < 1/2''$ proveniente de la reposición de las orillas del río Paute (Arena de río)

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES [g]	P. RETENIDOS ACUMULADOS [g]	% RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	1.90	0.19	99.81
No.4	52.10	54.00	5.40	94.60
No.8	279.00	333.00	33.30	66.70
No.30	299.00	632.00	63.20	36.80
No.50	151.20	783.20	78.32	21.68
No.100	110.30	893.50	89.35	10.65
No.200	39.00	932.50	93.25	6.75
PASA 200	930.60	69.40	6.94	
TOTAL	1,000.00			

Tabla 7: Granulometría de los materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute $\phi < 1/2''$.

A continuación, y tomando como referencia la Tabla 3, que establece la normativa para la composición granulométrica para las mezclas asfálticas se procede a realizar la combinación de los materiales en tales porcentajes que la mezcla obtenida se encuentre dentro de la faja granulométrica normada (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).

En la Tabla 8, se muestra el porcentaje en peso de cada uno de los materiales analizados,

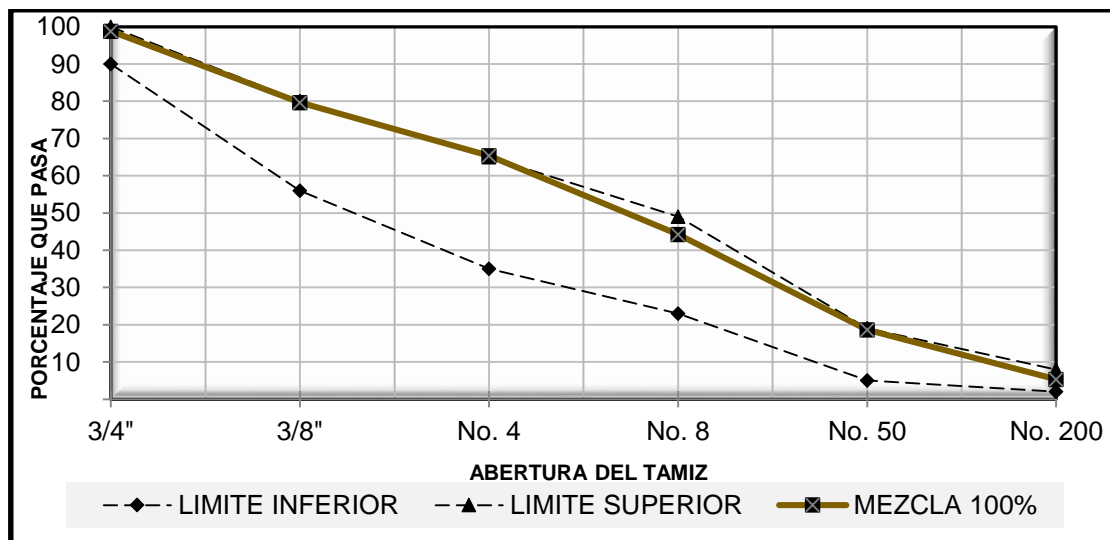


utilizados para ajustar a la faja de 3/4".

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES				MEZCLA 100%	ESPECIFICACION FAJA 3/4" MOP		
	26%	13%	43%	18%		LIMITE INFERIOR	-	LIMITE SUPERIOR
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"	ARENA				
3/4"	95.42	100.00	100.00	100.00	98.81	90	-	100
1/2"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		-	
3/8"	21.74	100.00	100.00	99.81	79.62	56	-	80
No. 4	16.44	23.77	95.32	94.60	65.38	35	-	65
No. 8	16.36	0.60	64.85	66.70	44.22	23	-	49
No. 30	16.30	0.57	32.87	36.80	25.07			
No. 50	16.24	0.50	24.24	21.68	18.61	5	-	19
No. 100	16.20	0.40	14.34	10.65	12.35			
No. 200	0.00	0.00	9.53	6.75	5.31	2	-	8

Tabla 8: Combinación de los materiales analizados.

En la Gráfica 1 se presenta la faja granulométrica producto de la combinación de los diferentes materiales. En esta gráfica se puede observar que la curva granulométrica está ajustada al límite superior, esto se debe a que la mezcla fue concebida para un proyecto en el que se requería de una mayor concentración de finos debido a consideraciones constructivas.



Gráfica 1: Curva granulométrica de la mezcla de áridos.



2.2.4. Otras especificaciones técnicas para hormigones asfálticos

A continuación se detalla las especificaciones técnicas para los agregados gruesos, agregados finos, cemento asfáltico y especificaciones técnicas para las mezclas asfálticas.

➤ Especificaciones técnicas para agregados para hormigones asfálticos

Previo a la caracterización de los materiales áridos analizados en la presente investigación, se ha verificado que los materiales seleccionados cumplan con lo establecido en las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, las mismas que se nombran en la Tabla 9 y Tabla 10:

En la Tabla 9 se presentan los requerimientos y las normas para ensayos para los agregados gruesos que intervienen en la mezcla asfáltica, particularmente en el caso de estudio, el procedimiento para determinar el porcentaje de absorción de los agregados gruesos se encuentra definido por la norma AASHTO T-85 y ASTM C-127, el mismo que se describió brevemente en la sección 2.2.1 *Gravedad específica* de este documento. La tolerancia máxima para el porcentaje de absorción de los agregados se establece entre el 2% (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012) y el 4.37% (Cooley & Williams, 2013).

Norma	Descripción	Requisitos	
		Mínimo	Máximo
AASHTO T 96	Desgaste de Los Ángeles, %	-	30 ^A
ASTM D 4791	Partículas Planas y Alargadas ^B , %		
	Relación 3:1	-	20
	Relación 5:1	-	5
ASTM T 85	Absorción, %	-	2.0
AASHTO T 104	Resistencia a los Sulfatos, 5 ciclos ^C , %		
	Sulfato de Sodio	-	15
	Sulfato de Magnesio	-	20
ASTM D 5821	Contenido Triturado, %		
	Una Cara	100	-
	Dos Caras	90	-

^A Se han tenido resultados satisfactorios en la producción de SMA con valores de abrasión más altos. Sin embargo, cuando el valor de abrasión sea mayor que 30, se puede presentar un colapso excesivo del agregado durante el proceso de compactación en laboratorio o en campo.

^B El criterio de partículas planas y alargadas aplica a la combinación de agregados de diseño.

^C Se puede usar sulfato de sodio o magnesio. No es un requisito ejecutar ambos métodos.

Tabla 9: Especificaciones técnicas para los agregados gruesos referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).



En la Tabla 10 se presentan los requerimientos y las normas para ensayos para los agregados finos se encuentran definidas por AASHTO T-84 y ASTM C-128.

Norma	Descripción	Requisitos	
		Mínimo	Máximo
AASHTO T 104	Resistencia a los Sulfatos, 5 ciclos ^A , %		
	Sulfato de Sodio	-	15
	Sulfato de Magnesio	-	20
AASHTO T 89	Límite Líquido, %	-	25
AASHTO T 90	Índice de Plasticidad, %	No Plástico	
^A Se puede usar sulfato de sodio o magnesio. No es un requisito ejecutar ambos métodos.			

Tabla 10: Especificaciones técnicas para los agregados finos referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

➤ **Especificaciones técnicas del cemento asfáltico**

Para el caso del cemento asfáltico se deben considerar las características que se muestran en la Tabla 11 y que debe cumplir el cemento asfáltico utilizado de acuerdo a lo establecido en la Subsección 810-2 del manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-f-2002.

ENSAYOS	60-70		85-100	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Betún original				
Penetración (25 °C, 100 gr, 5 s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53
Índice de penetración (*).	-1,5	+1,5	-1,5	+1,5
Ductilidad (25 °C, 5 cm/minuto), cm.	100	---	100	---
Contenido de agua (en volumen), % .	---	0,2	---	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	---	99	---
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C.	232	---	232	---
Densidad relativa, 25 °C/ 25 °C	1,00	---	1,00	---
Ensayo de la mancha (**)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas, %.	---	2.2	---	2.2
Ensayos al residuo del TFOT:				
Variación de masa, %.	---	0,8	---	1,0
Penetración, % de penetración original.	54	---	50	---
Ductilidad , cm	50	---	75	---
Resistencia al endurecimiento (***) .	---	5,0	---	5,0

Tabla 11: Especificaciones técnicas para el cemento asfáltico (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).



➤ Especificaciones de las mezclas asfálticas ensayos y tolerancias

Para las mezclas asfálticas, la calidad del material asfáltico será comprobada mediante las normas indicadas anteriormente para cementos asfálticos.

Los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad, la granulometría deberá cumplir la norma INEN 696.

La mezcla deberá cumplir los requisitos de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos con aire especificados para tráfico pesado de la Tabla 12 y 13.

Criterio	Tráfico					
	Bajo ^A		Medio ^B		Alto ^C	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Número de golpes por cara	35		50		75	
Estabilidad, N	3336		5338		8006	
Flujo, 0.25 mm	8	18	8	16	8	14
Vacíos de Aire, %	3	5	3	5	3	5
Vacíos de Agregado Mineral, %	Ver Tabla		13			
Vacíos Llenos de Asfalto, %	70	80	65	78	65	75

^A ESALs < 10,000
^B ESALs entre 10,000 y 1,000,000
^C ESALs > 1,000,000

Tabla 12: Especificaciones técnicas para las mezclas asfálticas referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

TNM, mm	VMA mínimo, %		
	Vacíos de Aire de Diseño, %		
	3.0	4.0	5.0
4.75	16	17	18
9.5	14	15	16
12.5	13	14	15
19.0	12	13	14

Tabla 13: Especificaciones técnicas para el porcentaje de vacíos en el agregado mineral en las mezclas asfálticas referentes a la normativa de ensayos correspondientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

2.2.5. Ensayo Marshall

A continuación se presenta una descripción general de los procedimientos seguidos en el diseño Marshall de mezclas asfálticas, el procedimiento completo y detallado se encuentra en la



noma AASHTO T-245 y/o ASTM D1559.

➤ **Preparación de los materiales para efectuar los procedimientos Marshall**

Con el antecedente de que el estudio está en una región donde se cuenta con diferentes fuentes de materiales áridos, se dispone de agregados de diferentes características. Estas características tienen una incidencia directa sobre la naturaleza misma del pavimento. En primer lugar, para el diseño de la mezcla asfáltica se debe determinar la estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento entre otras; y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir las mejores cualidades. Una vez hecho esto, se puede empezar con la preparación de los ensayos (Peralta, 2016).

En esta investigación, como se ha indicado, se han seleccionado tres materiales: 1) los provenientes del sector del cantón Paute, el origen de este material es la reposición de las márgenes del río Paute, 2) material tomado de las canteras del sector de La Virginia en el mismo cantón y 3) muestra de material proveniente del sector de Huasachaca, de la reposición de las orillas del río Jubones en el cantón Santa Isabel. Todas las muestras son las principales fuentes de materiales áridos utilizados en la provincia del Azuay.

A continuación se describe brevemente el procedimiento de preparación del agregado para mezclas asfálticas por el método Marshall.

“Se debe conocer previamente la relación viscosidad-temperatura del cemento asfáltico que va a ser usado para establecer las temperaturas de mezclado y compactación en el laboratorio, por lo que se calienta el asfalto a una temperatura 150°C para el mezclado. Los procedimientos preliminares se enfocan hacia el agregado, con el propósito de identificar exactamente sus características. Estos procedimientos incluyen secar el agregado, determinar su peso específico y efectuar un análisis granulométrico por lavado.

El Método Marshall requiere que los agregados ensayados estén libres de humedad, tan práctico como sea posible. Esto evita que la humedad afecte los resultados de los ensayos. Una muestra de cada agregado a ser ensayado se coloca en una bandeja, por separado, y se calienta en un horno a una temperatura de 110° C (230°F).

La muestra caliente se pesa y, se registra su valor.



La muestra se calienta completamente una segunda vez, y se vuelve a pesar y registrar su valor. Este procedimiento se repite hasta que el peso de la muestra permanezca constante después de dos calentamientos consecutivos, lo cual indica que la mayor cantidad posible de humedad se ha evaporado de la muestra.” (Peralta, 2016).

El análisis granulométrico por vía húmeda es un procedimiento para identificar las proporciones de partículas de tamaño diferente en las muestras del agregado. Esta información es importante porque las especificaciones de la mezcla deben estipular las proporciones necesarias de partículas de agregado de tamaño diferente, para producir una mezcla en caliente final con las características deseadas.

El análisis granulométrico por vía húmeda consta de los siguientes pasos:

1. Cada muestra de agregado es secada y pesada.
2. Luego cada muestra es lavada a través de un tamiz de 0.075 mm (N° 200), para remover cualquier polvo mineral que este cubriendo el agregado.
3. Las muestras lavadas son secadas siguiendo el procedimiento de calentado y pesado descrito anteriormente.
4. El peso seco de cada muestra es registrado. La cantidad de polvo mineral puede ser determinada si se comparan los pesos registrados de las muestras antes y después del lavado.

El cálculo del peso específico de la muestra seca del agregado establece un punto de referencia para medir los pesos específicos necesarios en la determinación de las proporciones de agregado, asfalto, y vacíos que van a usarse en los métodos de diseño.

Para esta investigación los conceptos y el ejemplo se encuentra desarrollado en la sección 2.2.1 de este documento.

➤ **Preparación de las muestras (briquetas) de ensayo**

Las probetas de ensayo son confeccionadas dando una variación del 0.5% a la cantidad de asfalto. Se elaboran tres muestras por cada porcentaje de asfalto, al tratarse el presente caso de cuatro dosificaciones, dando un total de 12 briquetas para la determinación del porcentaje óptimo de asfalto, por cada árido analizado. El rango de variación de los porcentajes de asfalto



está dado por las experiencias del laboratorista obtenidas con cada tipo de material.

El procedimiento es el siguiente:

“El asfalto y el agregado se calientan completamente hasta que todas las partículas del agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en la planta.

La mezcla asfáltica caliente se coloca en los moldes pre-calentados Marshall en donde se usa el martillo de compactación, el cual también es calentado para que no enfríe la superficie de la mezcla al golpearla.

Las briquetas son compactadas mediante golpes del martillo. El número de golpes del martillo (35, 50 o 75) depende del nivel de tránsito para la cual está siendo diseñada, para el caso de estudio se dan 75 golpes al tratarse de tráfico pesado. Ambas caras de cada briqueta reciben el mismo número de golpes. Después de completar la compactación las probetas son enfriadas y extraídas de los moldes.

Antes de romper las probetas se determina del peso específico. Después se realiza la medición de la estabilidad Marshall, y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas.

El peso específico total de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos.” (Peralta, 2016).

El peso específico total se determina usando el procedimiento descrito en la norma AASHTO T 166 y fue descrita en la sección 2.2.1 de este documento. En el caso del ejemplo se empleó la ecuación XVII dando como resultado.

$$G_{mb} = 2.273 \text{ g/cm}^3$$

El ensayo de estabilidad y flujo Marshall tiene el objeto de medir la resistencia a la deformación de la mezcla. A su vez la fluencia mide la deformación de la briqueta, producida por la carga que le ha sido aplicada.



El procedimiento de los ensayos es el siguiente:

1. Las briquetas son calentadas en baño María a 60° C (140° F). Esta temperatura representa la temperatura promedio a la que un pavimento está sometido.
2. Se retira la briqueta del agua, se la seca y es colocada rápidamente en la mordaza Marshall. Este es un dispositivo que aplica una carga sobre la briqueta y a través de medidores indica la carga y la deformación a la que es sometida (fluencia).
3. La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.
4. La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de deformación se registra como la fluencia.

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall (Peralta, 2016).

La fluencia Marshall, representa la deformación de la briqueta y esta expresada en centésimas de pulgada. Corresponde a la deformación diametral de la briqueta.

Las briquetas con valores de estabilidad altos y fluencias muy bajas se pueden entender que obedecen a mezclas demasiado rígidas que puede traducirse en fragilidad del pavimento (Peralta, 2016). Por lo contrario si las briquetas muestran estabilidades bajas y fluencias demasiado altas, los pavimentos se mostraran susceptibles a deformaciones efecto del tráfico pesado.

En el ejemplo se determinó un valor promedio de estabilidad de **2857.7 lb** y un flujo promedio de **11.67** centésimas de pulgada.

Cuando se han concluido el ensayo de estabilidad y fluencia se procede a calcular las densidades y vacíos de la mezcla, procedimiento que se detalló en este documento y se obtuvo como resultado para el ejemplo los siguientes valores:



$V_a = 9.098 \%$

$VMA = 17.955 \%$

$VFA = 49.327\%$

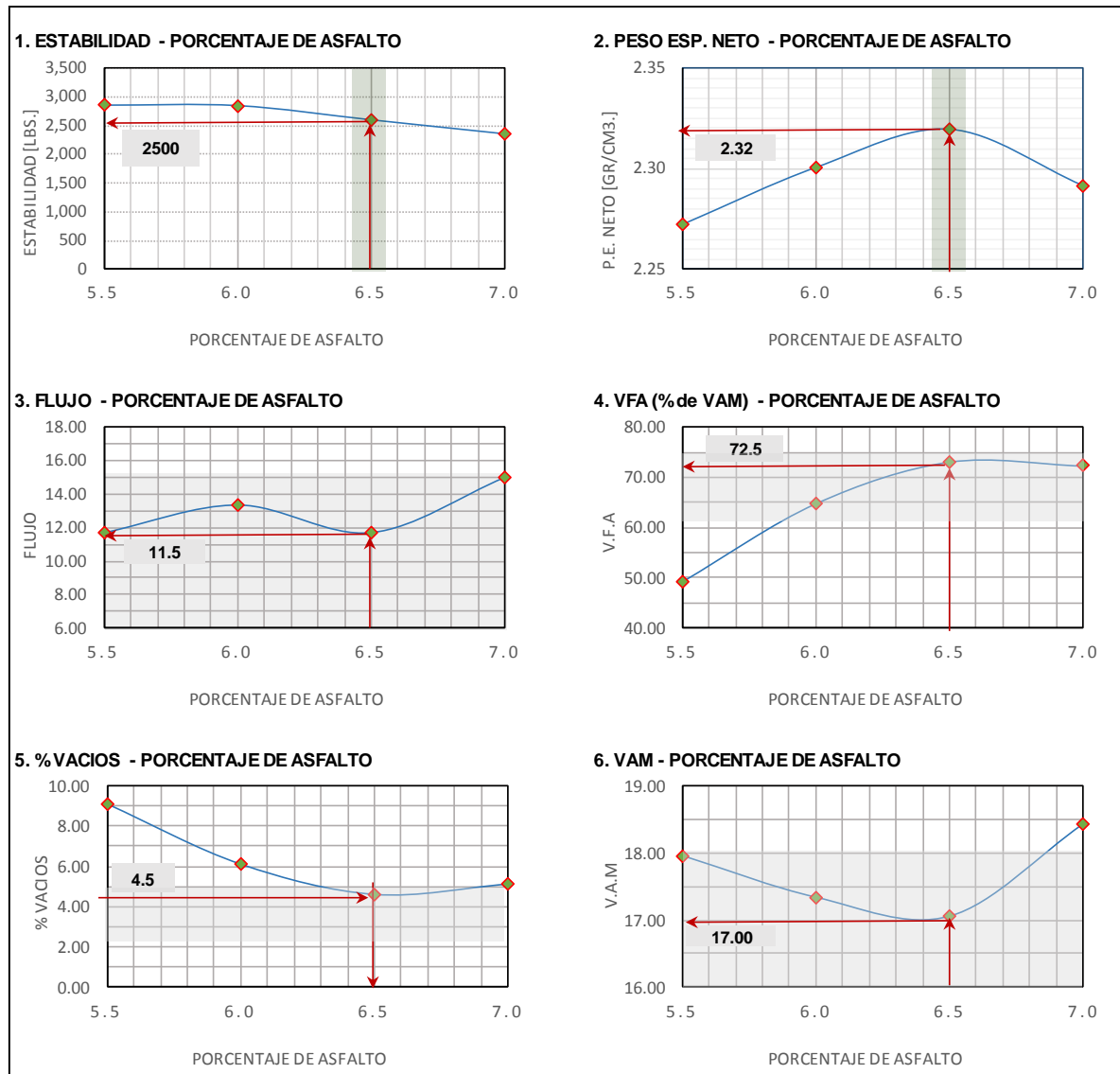
En la Tabla 14 se muestran tabulados los resultados de los ensayos de estabilidad y fluencia, volúmenes de vacíos y densidades obtenidas del ensayo Marshall realizados para el ejemplo para diferentes dosificaciones de asfalto (5.5, 6.0, 6.5 y 7.0%).

1.- BRIQUETA CON 5.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20																
Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
	Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
1	1279.0	1283.3	719.2	564.10	2.267							1740	0.86	3,292.08	11	
2	1193.3	1195.6	673.3	522.30	2.285							1359	1.00	2,989.80	13	
3	1204.4	1207.7	676.1	531.60	2.266							1084	0.96	2,289.41	11	
Promd.					2.273	2.500	78.393	9.098	12.509	21.607	5.648	57.893			2857.1	11.67
2.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20																
Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
	Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
1	1259.2	1260.5	714.7	545.80	2.307							1478	0.93	3,023.99	13	
2	1265.2	1266.4	717.2	549.20	2.304							1547	0.89	3,029.03	14	
3	1223.3	1225.9	691.9	534.00	2.291							1181	0.96	2,494.27	13	
Promd.					2.301	2.450	78.984	6.101	14.915	21.016	6.653	70.972			2849.1	13.33
3.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20																
Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
	Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
1	1211.9	1212.6	689.6	523.00	2.317							1212	0.96	2,559.74	11	
2	1264.3	1266.0	720.6	545.40	2.318							1315	0.93	2,690.49	11	
3	1248.6	1250.3	712.7	537.60	2.323							1250	0.93	2,557.50	13	
Promd.					2.319	2.431	79.254	4.595	16.151	20.746	7.145	77.850			2602.6	11.67
4.- BRIQUETA CON 7.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20																
Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
	Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
1	1244.3	1244.6	702.5	542.10	2.295							1058	0.93	2,164.67	14	
2	1169.6	1170.9	661.7	509.20	2.297							1261	1.00	2,774.20	15	
3	1260.0	1263.7	711.7	552.00	2.283							1093	0.89	2,140.09	16	
Promd.					2.292	2.415	77.943	5.109	16.948	22.057	7.589	76.839			2359.7	15.00

Tabla 14: Tabulación de resultados ensayo Marshall, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute.

En la Gráfica 2 se puede observar el porcentaje óptimo de asfalto con respecto a los ensayos Marshall de estabilidad, peso específico, flujo y porcentajes de vacíos (V_a).

“Para determinar el porcentaje óptimo de asfalto, de la curva de V_a vs % de asfalto se entra con el valor de 4% de V_a y al interceptar con la curva se determina el porcentaje de asfalto a evaluar. El 4% de vacíos es la media para el diseño de mezclas asfálticas, ya que la especificación sugiere un valor entre 3% y 5%” (Garnica, 2004).



Gráfica 2: Gráficas para determinar el contenido óptimo de asfalto.

Sin embargo en el caso de estudio, la Gráfica 2 numeral 5, presenta un pico para un porcentaje de asfalto de 6.5% que corresponde a un $V_a = 4.5\%$, que de todos modos se encuentra dentro de la norma como lo indica la Tabla 13, que señala que V_a debe ser mínimo 3% y máximo 5% (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).

En la Gráfica 2 numeral 5 se observa que el porcentaje de asfalto para un volumen de vacíos de 4.5% es de 6.5. Con este valor se entra en las otras gráficas para verificar si cumple con la especificación establecida (Garnica, 2004).



En la Tabla 15 se observa que se cumple con todas las especificaciones establecidas para: 1) Estabilidad, 2) Peso específico neto, 3) Flujo, 4) VFA, 5) Porcentaje de vacíos con agua y 6) VAM.

Gráfica	% Asfalto	Lectura	Observaciones
1	6.50	2500.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.50	2.32	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.50	11.50	Norma 8-14,
4	6.50	72.50	Norma 65-75,
5	6.50	4.50	Norma 3-5
6	6.50	17.00	Norma mayor a 14

Tabla 15: Comprobación del contenido de asfalto con cada uno de los parámetros de diseño.

El cálculo para este ejemplo es replicado para los dos ensayos restantes con material de reposición de las orillas del río Paute. Tres ensayos Marshall con material proveniente de las canteras de la cuenca del río Paute y tres ensayos más con material proveniente de la reposición de las orillas del río Jubones.



CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS Y ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se presenta los resultados de los ensayos realizados para la determinación de los dos parámetros principales considerados en este estudio que son el porcentaje de absorción y porcentaje óptimo de asfalto. Adicionalmente, se desarrolla un análisis económico de las diferentes alternativas.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos y asfaltos de la Empresa de Áridos y Asfaltos ASFALTAR EP, en el Anexo 10 consta la carta de autorización suscrita por el Gerente General de esta empresa, en la cual autoriza la utilización de los resultados obtenidos en el laboratorio para el desarrollo de la presente investigación, así mismo certifica que los resultados que constan en este documento son los obtenidos en el laboratorio de la empresa a la cual representa.

3.1. Análisis de los ensayos realizados a los materiales estudiados

Para el análisis del porcentaje de absorción de los áridos, en primera instancia se ha calculado la media ponderada de las diferentes granulometrías según el porcentaje usado al combinar los áridos. El resultado obtenido de la media ponderada se lo considera como el porcentaje de absorción nominal para cada uno de los diseños de mezcla asfáltica donde se determina el porcentaje óptimo de asfalto.

Con cada material se ha elaborado tres diseños, para cada uno de los cuales se realizó la respectiva determinación del grado de absorción y del porcentaje óptimo de asfalto, posteriormente, se obtuvo la media aritmética de los resultados que sirven para realizar la comparación entre los tres materiales analizados.

3.1.1. Material de las orillas del río Paute

En la Tablas 16 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para el porcentaje de absorción de los áridos, el valor obtenido, es el promedio (media ponderada) en función del porcentaje en la mezcla granulométrica, también se detalla el porcentaje óptimo de asfalto



determinado mediante el ensayo Marshall, el detalle del análisis de la muestra #1 de este material se encuentra en el Anexo 1, el detalle de la muestra # 2 consta en el Anexo 2 y el detalle de la muestra # 3 se encuentra en el Anexo 3, para cada muestra se realizó el respectivo análisis granulométrico, se determinó la gravedad específica y el porcentaje de absorción de los áridos, del mismo modo con cada uno de los materiales se realizó una mezcla asfáltica, en la que se determina las propiedades volumétricas de las briquetas y el porcentaje óptimo de asfalto.

ORIGEN DEL MATERIAL: ORILLAS DEL RÍO PAUTE					
ENSAYO 1 (ANEXO 1)					
Tamaño	3/4 "	3/8"	3/16"	arena	Promedio
% en mezcla	26.00	13.00	43.00	18.00	
% Absorción	1.35	3.36	0.95	2.78	1.70
% Óptimo de Asfalto					6.50
ENSAYO 2 (ANEXO 2)					
% en mezcla	25.00	10.00	50.00	15.00	
% Absorción	1.45	2.67	1.15	2.33	1.55
% Óptimo de Asfalto					6.30
ENSAYO 3 (ANEXO 3)					
% en mezcla	25.00	10.00	50.00	15.00	
% Absorción	1.89	0.94	1.79	2.35	1.81
% Óptimo de Asfalto					6.30

Tabla 16: Resumen del porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute.

En la Tabla 17 se presenta el valor promedio de los resultados de los tres ensayos para el porcentaje de absorción y para el porcentaje óptimo de asfalto de la reposición de las orillas del río Paute.

% Absorción Promedio	1.69
% Óptimo de asfalto promedio	6.37

Tabla 17: Resultado promedio para el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Paute.

3.1.2. Material de la cantera de La Virginia

En la Tablas 18 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para el porcentaje de absorción de los áridos, el valor obtenido, es el promedio (media ponderada) en función del porcentaje en la mezcla granulométrica, también se detalla el porcentaje óptimo de asfalto determinado mediante el ensayo Marshall, el detalle del análisis de la muestra #1 de este material se encuentra en el Anexo 4, el detalle de la muestra # 2 consta en el Anexo 5 y el detalle de la



muestra # 3 se encuentra en el Anexo 6, para cada muestra se realizó el respectivo análisis granulométrico, se determinó la gravedad específica y el porcentaje de absorción de los áridos, del mismo modo con cada uno de los materiales se realizó una mezcla asfáltica, en la que se determina las propiedades volumétricas de las briquetas y el porcentaje óptimo de asfalto.

ORIGEN DEL MATERIAL: CANTERA DE LA VIRGINIA					
ENSAYO 1 (ANEXO 4)					
Tamaño	3/4 "	3/8"	3/16"	arena	Promedio
% en mezcla	25.00	10.00	50.00	15.00	
% Absorción	0.87	1.22	1.52	2.78	1.52
% Óptimo de Asfalto					6.30
ENSAYO 2 (ANEXO 5)					
% en mezcla	38.00	10.00	40.00	12.00	
% Absorción	0.95	1.10	1.83	0.95	1.32
% Óptimo de Asfalto					6.20
ENSAYO 3 (ANEXO 6)					
% en mezcla	30.00	10.00	45.00	15.00	
% Absorción	0.93	1.10	1.83	0.95	1.35
% Óptimo de Asfalto					6.20

Tabla 18: Resumen del porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la cantera de La Virginia - Paute.

En la Tabla 19 se presenta el valor promedio de los resultados de los tres ensayos para el porcentaje de absorción y para el porcentaje óptimo de asfalto de la cantera de La Virginia en el cantón Paute.

% Absorción Promedio	1.40
% Optimo de asfalto promedio	6.23

Tabla 19: Resultado promedio para el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la cantera de La Virginia - Paute.

3.1.3. Material de las orillas del río Jubones

En las Tablas 20 se muestra el resumen de los resultados obtenidos para el porcentaje de absorción de los áridos, el valor obtenido, es el promedio (media ponderada) en función del porcentaje en la mezcla granulométrica, también se detalla el porcentaje óptimo de asfalto determinado mediante el ensayo Marshall, el detalle del análisis de la muestra #1 de este material se encuentra en el Anexo 7, el detalle de la muestra # 2 consta en el Anexo 8 y el detalle de la muestra # 3 se encuentra en el Anexo 9, para cada muestra se realizó el respectivo análisis



granulométrico, se determinó la gravedad específica y el porcentaje de absorción de los áridos, del mismo modo con cada uno de los materiales se realizó una mezcla asfáltica, en la que se determina las propiedades volumétricas de las briquetas y el porcentaje óptimo de asfalto.

ORIGEN DEL MATERIAL: ORILLAS DEL RÍO JUBONES				
ENSAYO 1 (ANEXO 7)				
Tamaño	3/4 "	3/8"	3/16"	Promedio
% en mezcla	22.00	26.00	52.00	
% Absorción	5.42	3.93	2.46	3.49
% Óptimo de Asfalto				6.90
ENSAYO 2 (ANEXO 8)				
% en mezcla	22.00	26.00	52.00	
% Absorción	3.43	3.18	3.69	3.50
% Óptimo de Asfalto				6.80
ENSAYO 3 (ANEXO 9)				
% en mezcla	22.00	26.00	52.00	
% Absorción	5.64	3.99	2.54	3.60
% Óptimo de Asfalto				7.10

Tabla 20: Resumen del porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Jubones.

En la Tabla 21 se presenta el valor promedio de los resultados para el porcentaje de absorción de los materiales áridos y para el porcentaje óptimo de asfalto de la reposición de las orillas del río Jubones.

% Absorción Promedio	3.53
% Optimo de asfalto promedio	6.93

Tabla 21: Resultado promedio para el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto, con materiales provenientes de la reposición de las orillas del río Jubones.

3.2. Análisis económico de alternativas

Para realizar el estudio económico del costo de producción de la mezcla asfáltica con los materiales caracterizados en el capítulo anterior, se ha planteado el análisis de precios unitarios para “Mezcla Asfáltica en Planta” en un escenario hipotético, en donde se asume como única variable la cantidad de asfalto vertida en la mezcla para la producción de un metro cúbico de hormigón asfáltico y se supone que otras características como los porcentajes de la combinación granulométrica, así como los pesos específicos de los materiales se mantienen constantes para todos los tipos de material.



Los porcentajes de asfalto tomados para los análisis económicos corresponden a porcentajes óptimos de asfalto promedio determinados en la sección 3.1. Los costos de los recursos que integran los siguientes análisis de precios unitarios, como equipo, materiales y mano de obra están actualizados a la fecha de elaboración de esta investigación (Junio/2017) y tienen solamente un carácter comparativo, más no representan una referencia en el mercado, ya que el fin de esta investigación es encontrar la variación que puede provocar un diferente porcentaje de betún vertido en la mezcla asfáltica en el costo unitario del rubro.

Es necesario señalar que en la cadena de producción del hormigón, el valor del betún asfáltico es tan solo uno de una gran cantidad de factores que influyen directamente en el costo, otros factores son:

- i.** El lugar de implantación de la planta asfáltica
- ii.** El tiempo que se proyecta permanecer con la planta en el mismo lugar
- iii.** El costo de los materiales áridos en la localidad
- iv.** Costos de traslado y reubicación de la planta
- v.** Los volúmenes de producción que se proyectan ejecutar
- vi.** Las distancias de transporte de las canteras a la planta asfáltica
- vii.** La distancia de transporte del betún asfáltico desde la refinería a la planta asfáltica
- viii.** La cercanía a los proyectos viales
- ix.** Variación de los costos de combustibles
- x.** Variación en los salarios y costos de la mano de obra
- xi.** Factores políticos – sociales, entre otros.

Para el cálculo de la cantidad en kilogramos del betún asfáltico en los diferentes análisis de precios unitarios, solo para efectos de estudio se ha asumido un peso específico neto de la briqueta de 2.195 g/cm^3 , que corresponde al peso específico promedio de las briquetas confeccionadas con material del río Jubones, que se multiplica por los porcentajes óptimos de asfalto determinados para cada uno de los análisis. El peso específico seleccionado corresponde al primero obtenido de los ensayos realizados con material de las orillas del río Jubones en el sector de Huascachaca.

En las Tablas 22, 23 y 24 se puede observar los análisis de precios unitarios para porcentajes



óptimos de asfalto de 6.37, 6.23 y 6.93% respectivamente, enfocados únicamente en los costos directos, que corresponden al equipo y herramientas, materiales y mano de obra que están involucrados en esta actividad.

El único recurso que varía en los análisis de precios unitarios es la cantidad de asfalto empleado, que ha sido calculado para un metro cúbico de mezcla asfáltica, multiplicando el peso específico de la briqueta de 2.195 g/cm^3 por el porcentaje óptimo de asfalto obtenido para cada material analizado, utilizando 139.75 kg para el material proveniente de la reposición de las orillas del río Paute, 136.82 kg para el material de cantera de la cuenca del Paute y 152.19 kg para el material de Santa Isabel. El costo del betún asfáltico para el análisis es de \$ 0.34, por cada kilogramo.

**Análisis de Precios Unitarios****Descrip.:** Mezcla Asfáltica en Planta.(D<3/4-3/8")**Unidad:** m3

PARA UN PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO DE 6.37% (MATERIALES PROVENIENTES DE LAS ORILLAS DEL

Observa: RÍO PAUTE)**COSTOS DIRECTOS****Equipo y herramienta**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	CARGADORA FRONTA. 150 HP.	hora	1.0000	\$50.00	0.0333	1.67
	PLANTA PRODUC. MEZCLA ASFALT. EN CALIENT. 100 TON.	hora	1.0000	\$180.00	0.0333	6.00
	GRUPO GENERADOR. 300 KVA.	hora	1.0000	\$25.00	0.0333	0.83
Subtotal de Equipo:						8.50

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
	AGREGADO D 3/4"	m3	0.3125	\$17.21		5.38
	ASFALTO TIPO AC-20	Kg	139.7483	\$0.34		47.51
	ARENA	m3	0.1875	\$17.24		3.23
	AGREGADO D 3/8"	m3	0.1250	\$20.24		2.53
	POLVO DE TRITURACION. INCLUIDO TRANSPORTE	m3.	0.6250	\$17.14		10.71
	DIESEL 2	lts	13.8153	\$0.51		7.08
	ADITIVO ZYCOTHERM	Kg	0.0600	\$32.50		1.95
Subtotal de Materiales:						78.40

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	OPERADOR DE CARGADORA FRONTAL		1.0000	\$5.97	0.0333	0.20
	MECANICO – SOLDADOR		0.3000	\$5.09	0.0333	0.05
	PEON		4.0000	\$3.46	0.0333	0.46
	OPERADOR DE PLANTA DE ASFALTO		1.0000	\$6.84	0.0333	0.23
Subtotal de Mano de Obra:						0.94

Costo Directo Total: **87.84**

Tabla 22: Análisis de precios unitarios para un porcentaje óptimo de asfalto de 6.37% con materiales provenientes de las orillas del río Paute.

**Análisis de Precios Unitarios****Descrip.:** Mezcla Asfáltica en Planta.(D<3/4-3/8")**Unidad:** m³**Observa:** PARA UN PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO DE 6.23% (CANTERAS DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE)**COSTOS DIRECTOS****Equipo y herramienta**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	CARGADORA FRONTA. 150 HP.	hora	1.0000	\$50.00	0.0333	1.67
	PLANTA PRODUC. MEZCLA ASFALT. EN CALIENT. 100 TON.	hora	1.0000	\$180.00	0.0333	6.00
	GRUPO GENERADOR. 300 KVA.	hora	1.0000	\$25.00	0.0333	0.83
Subtotal de Equipo:						8.50

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
	AGREGADO D 3/4"	m ³	0.3125	\$17.21		5.38
	ASFALTO TIPO AC-20	Kg	136.8217	\$0.34		46.52
	ARENA	m ³	0.1875	\$17.24		3.23
	AGREGADO D 3/8"	m ³	0.1250	\$20.24		2.53
	POLVO DE TRITURACION. INCLUIDO TRANSPORTE	m ³ .	0.6250	\$17.14		10.71
	DIESEL 2	lts	13.8153	\$0.51		7.08
	ADITIVO ZYCOTHERM	Kg	0.0600	\$32.50		1.95
Subtotal de Materiales:						77.40

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	OPERADOR DE CARGADORA FRONTAL		1.0000	\$5.97	0.0333	0.20
	MECANICO – SOLDADOR		0.3000	\$5.09	0.0333	0.05
	PEON		4.0000	\$3.46	0.0333	0.46
	OPERADOR DE PLANTA DE ASFALTO		1.0000	\$6.84	0.0333	0.23
Subtotal de Mano de Obra:						0.94

Costo Directo Total: **86.84**

Tabla 23: Análisis de precios unitarios para un porcentaje óptimo de asfalto de 6.33% con materiales provenientes de la cantera de La Virginia – Paute.

**Análisis de Precios Unitarios****Descrip.:** Mezcla Asfáltica en Planta.(D<3/4-3/8")**Unidad:** m3**Observa:** PARA UN PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO DE 6.93% (ORILLAS DEL RÍO JUBONES)

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	CARGADORA FRONTA. 150 HP.	hora	1.0000	\$50.00	0.0333	1.67
	PLANTA PRODUC. MEZCLA ASFALT. EN CALIENT. 100 TON.	hora	1.0000	\$180.00	0.0333	6.00
	GRUPO GENERADOR. 300 KVA.	hora	1.0000	\$25.00	0.0333	0.83
Subtotal de Equipo:						8.50

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
	AGREGADO D 3/4"	m3	0.3125	\$17.21		5.38
	ASFALTO TIPO AC-20	Kg	152.1867	\$0.34		51.74
	ARENA	m3	0.1875	\$17.24		3.23
	AGREGADO D 3/8"	m3	0.1250	\$20.24		2.53
	POLVO DE TRITURACION. INCLUIDO TRANSPORTE	m3.	0.6250	\$17.14		10.71
	DIESEL 2	lts	13.8153	\$0.51		7.08
	ADITIVO ZYCOTHERM	Kg	0.0600	\$32.50		1.95
Subtotal de Materiales:						82.63

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	OPERADOR DE CARGADORA FRONTAL		1.0000	\$5.97	0.0333	0.20
	MECANICO – SOLDADOR		0.3000	\$5.09	0.0333	0.05
	PEON		4.0000	\$3.46	0.0333	0.46
	OPERADOR DE PLANTA DE ASFALTO		1.0000	\$6.84	0.0333	0.23
Subtotal de Mano de Obra:						0.94

Costo Directo Total: 92.07

Tabla 24: Análisis de precios unitarios para un porcentaje óptimo de asfalto de 6.93% con materiales provenientes de las orillas del río Jubones.

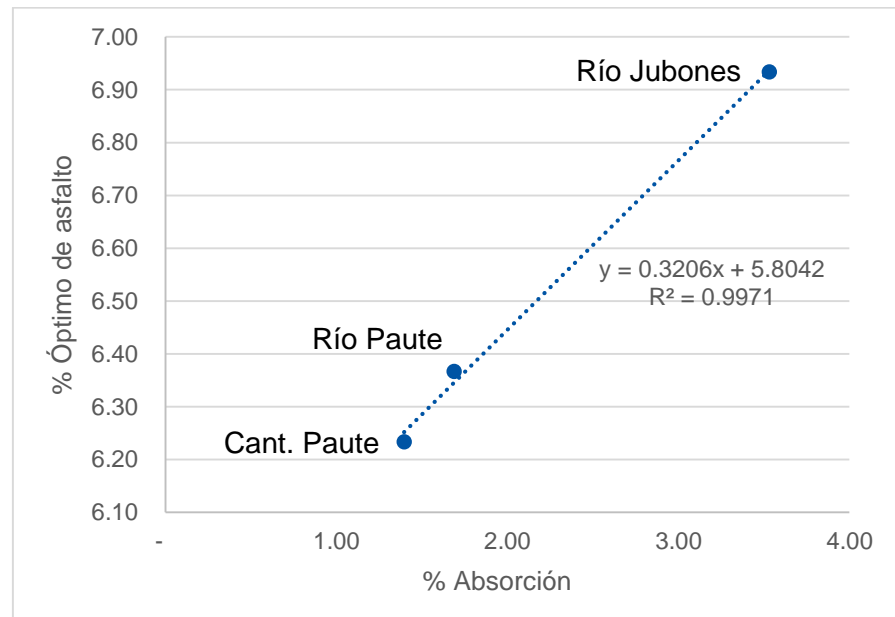


➤ **Relación entre el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto**

En la Tabla 25 se resume los resultados y se hace una relación entre el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto entre los tres materiales analizados. En la Gráfica 3 se puede observar la relación que existe entre el porcentaje de absorción de los materiales áridos y el porcentaje óptimo de asfalto obtenido de los ensayos realizados, demostrándose que conforme aumenta el porcentaje de absorción de los materiales áridos, el porcentaje óptimo de asfalto para la mezcla también se incrementa. El coeficiente de correlación es 0.9971 lo que implica que por cada 1% de aumento de la absorción se espera un incremento del 0.32% en el contenido de asfalto.

	Río Paute	Canteras Paute	Río Jubones
% Absorción	1.69	1.40	3.53
%Opt. Asfalto	6.37	6.23	6.93

Tabla 25: Relación entre el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto.



Gráfica 3: Relación entre el porcentaje de absorción y el porcentaje óptimo de asfalto.

➤ **Relación entre el porcentaje óptimo de asfalto y el costo de producción por metro cúbico**

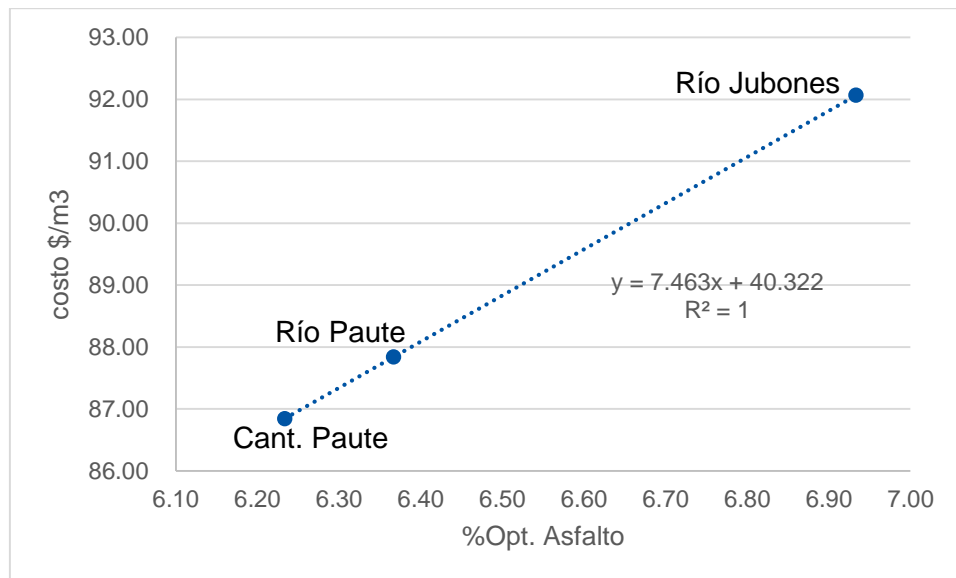
En la Tabla 26 se muestra un resumen de los valores obtenidos para el porcentaje óptimo de asfalto y el costo por metro cúbico. Se puede indicar que en la Gráfica 4 se observa el incremento en los costos, en función de un aumento en el porcentaje óptimo del asfalto en la



mezcla y que este tiene un comportamiento lineal, que en consecuencia está vinculado a la relación que existe entre el porcentaje óptimo de asfalto y el porcentaje de absorción de los áridos.

	Río Paute	Canteras Paute	Río Jubones
%Opt. Asfalto	6.37	6.23	6.93
costo \$/m3	87.84	86.84	92.07

Tabla 26: Relación entre el porcentaje óptimo de asfalto el costo de producción por m³.



Gráfica 4: Relación entre el porcentaje óptimo de asfalto y el costo de producción por m³.

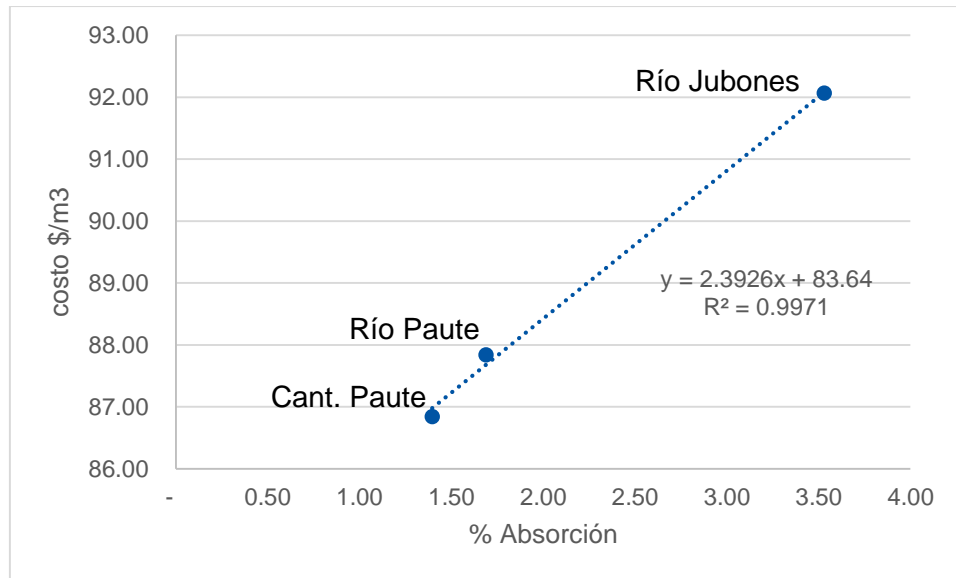
De la ecuación obtenida de la Gráfica 4 se deduce que un cambio de 0.5% en el porcentaje óptimo de asfalto implica un incremento de USD \$ 3.73.

➤ Relación entre el porcentaje absorción y el costo de producción por metro cúbico

En la Tabla 27 se muestra un resumen de los valores obtenidos para el porcentaje de absorción y el costo por metro cúbico, a su vez en la Gráfica 5 se observa la relación que existe entre el porcentaje de absorción de los áridos y el costo de producción de la mezcla, el mismo que tiene un comportamiento lineal, que define claramente que conforme sea mayor el porcentaje de absorción de los áridos, mayor va ser el costo de producción de la mezcla asfáltica.

	Río Paute	Canteras Paute	Río Jubones
% Absorción	1.69	1.40	3.53
costo \$/m3	87.84	86.84	92.07

Tabla 27: Relación entre el costo de producción por metro cúbico y porcentaje absorción.



Gráfica 5: Relación entre la absorción y el costo de producción por m³.

De la ecuación obtenida de la Gráfica 5 se concluye que por cada 1% de absorción se espera un incremento de USD \$2.39 por metro cúbico de mezcla asfáltica.

➤ Variación de los costos de producción entre los diferentes materiales analizados

De los análisis de precios unitarios realizados se puede concluir en Tabla 28 que existe una variación de costos que representa hasta el 6.02% entre los materiales provenientes de la cuenca del río Paute y los que provienen de las orillas del río Jubones.

Por otro lado, se muestra la diferencia en los costos de producción que existe entre los materiales provenientes de las orillas del Paute y de las canteras existentes en la misma cuenca hidrográfica, presentan una variación de 1.15%.

Incremento del costo de producción por m ³		
Origen	Costo	% de incremento
Orillas del río Paute	87.84	1.15%
Canteras cuenca del Paute	86.84	
Orillas del río Jubones	92.07	6.02%

Tabla 28: Porcentaje de incremento en los costos de producción por m³.

Por ejemplo, para una vía con una longitud de 2.00 km y un ancho de calzada de 8.00 m, en la que se requiere tender una capa de rodadura de carpeta asfáltica en un espesor de 3", se calcula un volumen en planta 1,743.46 m³ de mezcla asfáltica, aplicando los diferentes precios unitarios



determinados, se observa en la Tabla 29 que si se utiliza los materiales provenientes del río Jubones cuesta \$9,107.99 más que si se utiliza materiales de la cuenca del río Paute.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Incremento en los costos	
Mezcla Asfáltica en Planta. (Río Paute)	m3	1,743.46	87.84	153,139.68		1,734.86
Mezcla Asfáltica en Planta. (Contera La Virginia)	m3	1,743.46	86.84	151,404.82	9,107.99	
Mezcla Asfáltica en Planta. (Río Jubones)	m3	1,743.46	92.07	160,512.81		

Tabla 29: Ejemplo del incremento en el costo de la mezcla asfáltica para una vía de 2.0 km.

De este análisis se puede indicar que emplear materiales de la mina de La Virginia es lo que mejor costo rendiría en la producción de mezcla asfáltica.



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presenta las conclusiones obtenidas del análisis de los resultados conseguidos en el desarrollo de la presente investigación, mediante los ensayos realizados con cada uno de los materiales estudiados y el análisis económico de las diferentes alternativas, así también se presenta las recomendaciones para futuros estudios sobre temas relacionados.

4.1. Conclusiones

- Se ha caracterizado por el grado de absorción los materiales provenientes de las orillas del río Paute con un valor de 1.69%, de la mina de La Virginia ubicada en la cuenca del río Paute con un valor de 1.40%, y de materiales provenientes de las orillas del río Jubones, en el sector de Huascachaca con un valor de 3.53%.
- Se determinó el porcentaje óptimo de asfalto para los materiales provenientes de las orillas del río Paute con un valor de 6.37%, de la mina de La Virginia ubicada en la cuenca del río Paute con un valor de 6.23%, y de materiales provenientes de las orillas del río Jubones, en el sector de Huascachaca con un valor de 6.93%.
- Entre los materiales analizados, provenientes de las orillas del río Paute y de canteras de la cuenca del mismo río, se pudo observar que no existe una diferencia considerable, si bien existe una diferencia en el porcentaje de absorción del 0.29% y en el porcentaje óptimo de asfalto una diferencia del 0.13%, que se traduce en una variación en los costos de producción del 1.15%, se puede concluir que son materiales de similar comportamiento, y esto se atribuye a que cuentan con los mismos orígenes geológicos, produciéndose una diferencia debido a que los depósitos fluviales están expuestos a mayores agentes de meteorización que los materiales de cantera.
- Del análisis, se puede concluir la existencia de una correlación entre el porcentaje de absorción de los materiales áridos y el porcentaje óptimo de asfalto, estableciéndose la vinculación del aumento del porcentaje óptimo de asfalto requerido en la mezcla al



porcentaje de absorción de los materiales áridos con la siguiente ecuación: $y = 0.3206x + 5.8042$ con $R^2=0.9971$, lo que implica que un cambio de 1% de absorción representa un 0.32% en el porcentaje de asfalto adicional.

- Se concluye además que existe una relación directa entre el porcentaje óptimo de asfalto y el costo de producción del hormigón asfáltico, en consecuencia se puede indicar que existe correlación entre el porcentaje de absorción de los materiales áridos y el costo de producción de la mezcla asfáltica, es decir que un cambio de 0.5% en el porcentaje de asfalto implica un incremento de USD \$ 3.73.
- Existe por lo tanto correlación entre la absorción de los áridos y el costo de producción de la mezcla asfáltica que está definida por la ecuación: $y = 2.3926x + 83.64$ con $R^2 = 0.9971$, lo que implica que un cambio del 1% de absorción implica un incremento de USD \$ 2.39 por metro cúbico de hormigón asfáltico.
- Del análisis económico, se observa que existe una variación en los costos de producción por metro cúbico de hasta el 6.02% de incremento entre los materiales provenientes de la cuenca del río Paute y los provenientes de la cuenca del río Jubones.
- El origen de los materiales de la cuenca del río Paute, al estar compuestos de mayor proporción de rocas ígneas, las mismas que tienen un menor grado de porosidad que se traduce en un menor porcentaje de absorción, resultan por el análisis realizado más convenientes para la producción de mezcla asfáltica, debido a que esto se refleja en menores costos de producción.
- El origen de los materiales de la cuenca del río Jubones, al estar compuestos de una gran proporción de fragmentos de rocas sedimentarias, por lo tanto más absorbentes que las de la cuenca del río Paute, resultan no ser igual de beneficiosas desde el punto de vista de la economía de betún asfáltico, sin considerar evidentemente los otros costos en la cadena de producción.
- El porcentaje de absorción obtenido para los materiales provenientes del río Jubones dio un valor promedio de 3.53%, es decir, no cumple con la norma establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas que establece un valor máximo del 2%, por lo que desde este criterio se concluye que estos materiales no son aptos para la producción de mezcla asfáltica, sin embargo, mediante el ensayo Marshall, para un dosificación del 6.80%, la mezcla asfáltica se mantienen dentro de los parámetros



exigidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

- Si bien se ha demostrado que el grado de absorción de los materiales áridos está vinculado proporcionalmente a la cantidad de betún asfáltico requerido para la fabricación de la mezcla asfáltica, no quiere decir que en la cadena de producción este factor sea determinante para establecer una mayor o menor utilidad económica. Es importante indicar que dentro de los costos de producción, el valor del betún asfáltico es tan solo uno de una gran cantidad de factores que influyen directamente.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda que se amplíe la caracterización de los materiales en función del grado de absorción a una mayor cantidad de fuentes productoras y proveedoras de materiales áridos en la provincia del Azuay.
- Se sugiere se realice un análisis económico a un escenario que abarque otras variables como el costo de los materiales en diferentes localidades.
- Así también, se recomienda realizar un estudio similar con la aplicación a la mezcla de aditivos que mejoren la adherencia y trabajabilidad del hormigón asfáltico.



BIBLIOGRAFÍA

- Altior Cía. Ltda. (2016). *Estudios Urbanísticos y de Ingeniería de Dos Alternativas para el Emplazamiento del Centro Eco Productivo en el Cantón Santa Isabel a Nivel de Prefactibilidad*. Cuenca: Gobierno Provincial del Azuay.
- Asphalt Institute. (1992). *Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente*.
- ASTM D 4469 . (2002). *Standar Practice for Calculating Percent Absorption by the Aggregate in an Asphalt Pavement Mixture*. West Conshohpocken: ASTM International.
- Basabe R, P. (1998). *Proyecto PRECUPA - Prevención de Desastres Naturales en la Cuenca del Paute*. Cuenca.
- Cooley, A., & Williams, K. (2013). *Aggregate Absorption in HMA Mixtures*. Jackson, MS.
- Curtis, C. (1993). *Fundamental Properties of Asphalt-Aggregate Interactions Including Adhesion and Absorption*. Washington, DC: Strategic Highway Research Program.
- Garnica, P. (2004). *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. Sanfandila, Qro: Secretaría de Comunicaciones y Transportes & Instituto Mexicano del Transporte.
- Instituto Geográfico Militar. (1980). *Mapa Geológico del Ecuador, hoja 73 Azogues*. Instituto Geográfico Militar, Ecuador.
- Lee, D.-Y., Guinn, J., Khandhal, P., & Dunning, R. (1990). *Absorption of asphalt into porous aggregates*. Washington, DC: Strategic Highway Research Program.
- Minaya, S., & Ordóñez, A. (2001). *Manual de Laboratorio Esayos para Pavimentos Volumen 1*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 Volumen Nro 3*. Quito.



Nikolaides, A. (2014). *Highway Engineering*. Boca Raton: CRC Press.

NTE INEN 696. (2011). *Áridos Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso*. Quito.

Peralta, K. (2016). *Asfalto. Diseño*. Porlamar: Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño.

ANEXO

1

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.76	T-85	26%	6.50 OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE (MUESTRA 1)
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.68	T-85	13%	
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.72	T-84	43%	
ARENA DE RÍO	2.86	T-84	18%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.82
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	229.00	229.00	4.58	95.42
3/8 "	3,684.00	3,913.00	78.26	21.74
No.4	265.00	4,178.00	83.56	16.44
No.8	4.00	4,182.00	83.64	16.36
No.30	3.00	4,185.00	83.70	16.30
No.50	3.00	4,188.00	83.76	16.24
No.100	2.00	4,190.00	83.80	16.20
No.200	21.00	4,211.00	0.00	0.00
TOTAL	5,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1184.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	755.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.760
Gravedad Específica seca (neta)	2.661
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.697
Absorción	1.351

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	2,287.00	2,287.00	76.23	23.77
No.8	695.00	2,982.00	99.40	0.60
No.30	1.00	2,983.00	99.43	0.57
No.50	2.00	2,985.00	99.50	0.50
No.100	3.00	2,988.00	99.60	0.40
No.200	1.00	2,989.00	0.00	0.00
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	1161.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g.)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	727.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.675
Gravedad Específica seca (neta)	2.455
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.537
Absorción	3.359

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACION DEL GRADO DE ABSORCION DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	46.80	46.80	4.68	95.32
No.8	304.70	351.50	35.15	64.85
No.30	319.80	671.30	67.13	32.87
No.50	86.30	757.60	75.76	24.24
No.100	99.00	856.60	85.66	14.34
No.200	48.10	904.70	90.47	9.53
PASA 200	904.70	95.30	9.53	
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	495.30
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1433.10
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1746.10
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad especifica seca aparente	2.717
Gravedad especifica seca neta	2.649
Gravedad especifica Sat. Sup. Seca	2.674
Absorción	0.949

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACION DEL GRADO DE ABSORCION DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL AREAN

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	1.90	0.19	99.81
No.4	52.10	54.00	5.40	94.60
No.8	279.00	333.00	33.30	66.70
No.30	299.00	632.00	63.20	36.80
No.50	151.20	783.20	78.32	21.68
No.100	110.30	893.50	89.35	10.65
No.200	39.00	932.50	93.25	6.75
PASA 200	930.60	69.40	6.94	
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	486.50
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1311.40
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1628.00
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad especifica seca aparente	2.863
Gravedad especifica seca neta	2.653
Gravedad especifica Sat. Sup. Seca	2.726
Absorción	2.775

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

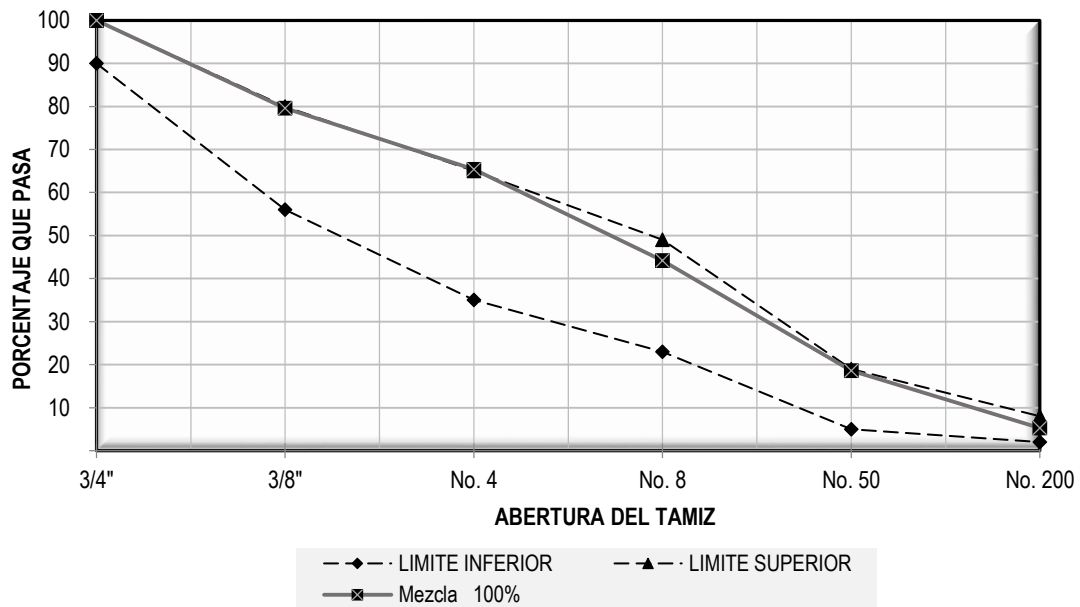
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES				Mezcla 100%	Faja 3/4" MOP		
	26%	13%	43%	18%		LIMITE INFERIOR	-	LIMITE SUPERIOR
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"	ARENA				
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90	-	100
1/2"	95.42	100.00	100.00	100.00	98.81		-	
3/8"	21.74	100.00	100.00	99.81	79.62	56	-	80
No. 4	16.44	23.77	95.32	94.60	65.38	35	-	65
No. 8	16.36	0.60	64.85	66.70	44.22	23	-	49
No. 30	16.30	0.57	32.87	36.80	25.07			
No. 50	16.24	0.50	24.24	21.68	18.61	5	-	19
No. 100	16.20	0.40	14.34	10.65	12.35			
No. 200	0.00	0.00	9.53	6.75	5.31	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 5.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO h/m	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	26.00	2.661	24.64				1	1279.0	1283.3	719.2	564.10	2.267								1740	0.86	3,292.08	11
3/8	13.00	2.455	12.32				2	1193.3	1195.6	673.3	522.30	2.285								1359	1.00	2,989.80	13
3/16	43.00	2.649	40.76				3	1204.4	1207.7	676.1	531.60	2.266								1084	0.96	2,289.41	11
Arena	18.00	2.653	17.06																				
Asfalto	5.5	1.026	5.21																				
TOTAL	105.5		100.00	2.625	2.714	1.281	Promd.					2.273	2.500	82.045	9.098	8.857	17.955	3.999	49.327			2857.1	11.67

2.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO h/m	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	26.00	2.661	24.53				1	1259.2	1260.5	714.7	545.80	2.307								1478	0.93	3,023.99	13
3/8	13.00	2.455	12.26				2	1265.2	1266.4	717.2	549.20	2.304								1547	0.89	3,029.03	14
3/16	43.00	2.649	40.57				3	1223.3	1225.9	691.9	534.00	2.291								1181	0.96	2,494.27	13
Arena	18.00	2.653	16.98																				
Asfalto	6.0	1.026	5.66																				
TOTAL	106		100.00	2.625	2.673	0.688	Promd.					2.301	2.450	82.664	6.101	11.235	17.336	5.011	64.810			2849.1	13.33

3.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO h/m	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	26.00	2.661	24.41				1	1211.9	1212.6	689.6	523.00	2.317								1212	0.96	2,559.74	11
3/8	13.00	2.455	12.21				2	1264.3	1266.0	720.6	545.40	2.318								1315	0.93	2,690.49	11
3/16	43.00	2.649	40.38				3	1248.6	1250.3	712.7	537.60	2.323								1250	0.93	2,557.50	13
Arena	18.00	2.653	16.90																				
Asfalto	6.5	1.026	6.10																				
TOTAL	106.5		100.00	2.625	2.668	0.630	Promd.					2.319	2.431	82.947	4.595	12.458	17.053	5.512	73.054			2602.6	11.67

4.- BRIQUETA CON 7.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO h/m	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	26.00	2.661	24.30				1	1244.3	1244.6	702.5	542.10	2.295								1058	0.93	2,164.67	14
3/8	13.00	2.455	12.15				2	1169.6	1170.9	661.7	509.20	2.297								1261	1.00	2,774.20	15
3/16	43.00	2.649	40.19				3	1260.0	1263.7	711.7	552.00	2.283								1093	0.89	2,140.09	16
Arena	18.00	2.653	16.82																				
Asfalto	7.0	1.026	6.54																				
TOTAL	107		100.00	2.625	2.668	0.620	Promd.					2.292	2.415	81.574	5.109	13.317	18.426	5.963	72.274			2359.7	15.00

LABORATORIO DE ASFALTOS

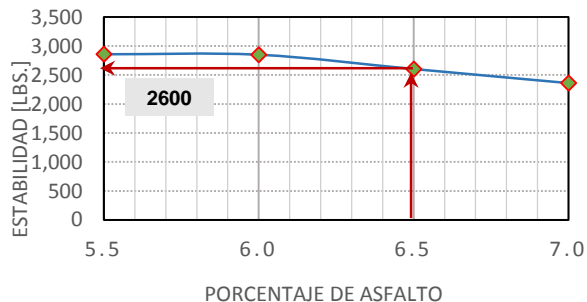
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

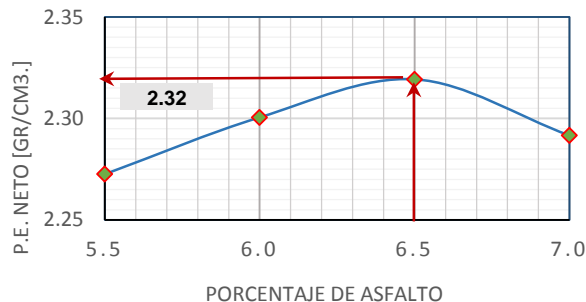
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

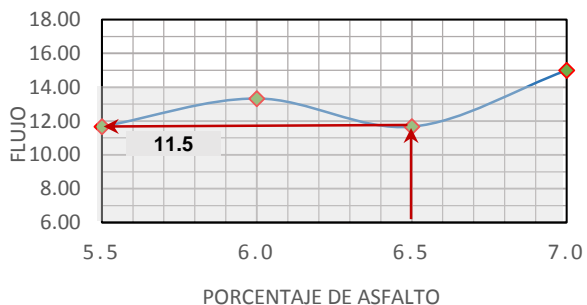
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



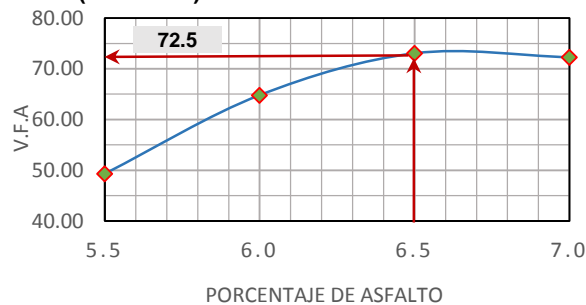
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



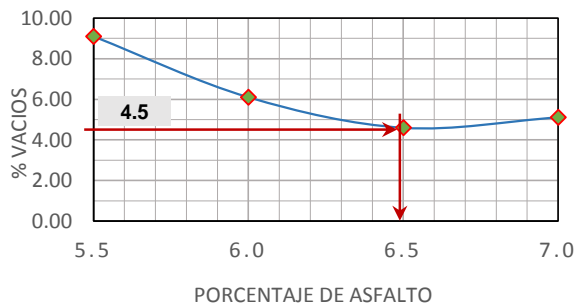
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



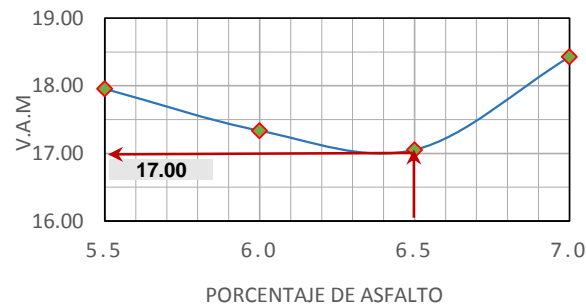
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.50	2500.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.50	2.32	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.50	11.50	Norma 8-14
4	6.50	72.50	Norma 65-75
5	6.50	4.50	Norma 3-5
6	6.50	17.00	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.50	

ANEXO

2

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.70	T-85	25%	6.30 OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE (MUESTRA 2)
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.74	T-85	15%	
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.74	T-84	45%	
ARENA DE RÍO	2.72	T-84	10%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.83
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	211.00	211.00	4.22	95.78
3/8 "	3,717.00	3,928.00	78.56	21.44
No.4	267.00	4,195.00	83.90	16.10
No.8	2.00	4,197.00	83.94	16.06
No.30	1.00	4,198.00	83.96	16.04
No.50	1.00	4,199.00	83.98	16.02
No.100	2.00	4,201.00	84.02	15.98
No.200	27.00	4,228.00	0.00	0.00
TOTAL	5,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	3943.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	4000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	2481.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.697
Gravedad Específica seca (neta)	2.596
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.633
Absorción	1.446

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	2,115.00	2,115.00	70.50	29.50
No.8	783.00	2,898.00	96.60	3.40
No.30	1.00	2,899.00	96.63	3.37
No.50	3.00	2,902.00	96.73	3.27
No.100	3.00	2,905.00	96.83	3.17
No.200	1.00	2,906.00	0.00	0.00
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	2922.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	3000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	1854.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.736
Gravedad Específica seca (neta)	2.550
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.618
Absorción	2.669

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	53.28	53.28	5.33	94.67
No.8	312.57	365.85	36.59	63.42
No.30	347.45	713.30	71.33	28.67
No.50	90.82	804.12	80.41	19.59
No.100	54.90	859.02	85.90	14.10
No.200	31.16	890.18	89.02	10.98
PASA 200	890.18	109.82	10.98	89.02
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	494.30
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1417.50
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1731.50
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.742
Gravedad específica seca neta	2.658
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.688
Absorción	1.153

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL ARENA

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	1.92	1.92	0.19	99.81
No.8	127.39	129.31	12.93	87.07
No.30	511.48	640.79	64.08	35.92
No.50	220.90	861.69	86.17	13.83
No.100	92.04	953.73	95.37	4.63
No.200	18.17	971.90	97.19	2.81
PASA 200	971.90	28.10	2.81	
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	488.60
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1417.50
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1726.70
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.724
Gravedad específica seca neta	2.561
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.621
Absorción	2.333

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS
PROYECTO: PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA
 EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

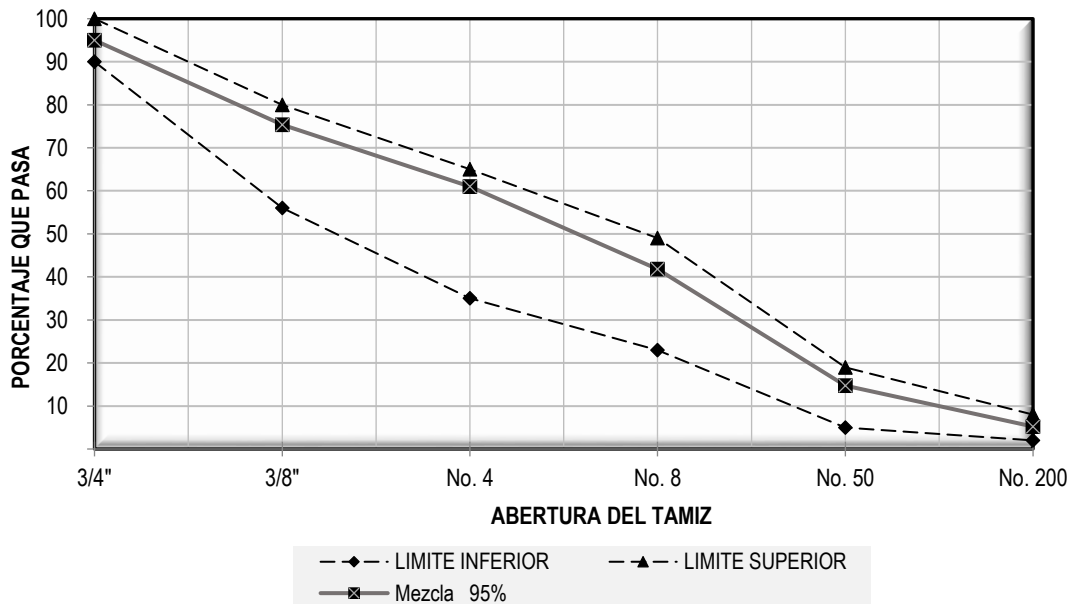
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES				Mezcla 95%	Faja 3/4" MOP		
	25%	15%	45%	10%		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"	ARENA				
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	95.00	90	-	100
1/2"	95.78	100.00	100.00	100.00	93.95		-	
3/8"	21.44	100.00	100.00	100.00	75.36	56	-	80
No. 4	16.10	29.50	94.67	99.81	61.03	35	-	65
No. 8	16.06	3.40	63.42	87.07	41.77	23	-	49
No. 30	16.04	3.37	28.67	35.92	21.01			
No. 50	16.02	3.27	19.59	13.83	14.69	5	-	19
No. 100	15.98	3.17	14.10	4.63	11.28			
No. 200	0.00	0.00	10.98	2.81	5.22	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 5.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.596	24.88				1	1286.5	1297.6	721.1	576.53	2.231	1500							1091	0.86	2,064.17	15
3/8	15.00	2.550	14.93				2	1200.8	1204.9	675.2	529.73	2.267	7975							1742	0.96	3,679.10	12
3/16	45.00	2.658	44.78				3	1211.9	1217.0	678.0	539.03	2.248	8865							1357	0.96	2,865.98	13
Arena	10.00	2.561	9.95																				
Asfalto	5.5	1.026	5.47																				
TOTAL	100.5		100.00	2.613	2.675	0.910	Promd.					2.249	2.459	81.344	8.547	10.110	18.656	4.613	54.189			2869.8	13.33

2.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.596	24.75				1	1266.8	1268.1	714.7	553.35	2.289	1500							1481	0.89	2,899.80	13
3/8	15.00	2.550	14.85				2	1230.9	1233.5	691.9	541.55	2.350	7975							1550	0.93	3,171.30	13
3/16	45.00	2.658	44.55				3	1272.8	1274.0	717.2	556.75	2.211	8864							1189	0.89	2,328.06	12
Arena	10.00	2.561	9.90																				
Asfalto	6.0	1.026	5.94																				
TOTAL	101		100.00	2.613	2.692	1.144	Promd.					2.283	2.455	82.185	6.989	10.826	17.815	4.865	60.768			2799.7	12.67

3.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.596	24.63				1	1208.4	1210.3	692.8	517.50	2.335	1500							1241	1.00	2,730.20	11
3/8	15.00	2.550	14.78				2	1260.8	1263.7	723.8	539.90	2.335	7975							1209	0.93	2,473.61	11
3/16	45.00	2.658	44.33				3	1245.1	1248.0	715.9	532.10	2.340	8851							1313	0.96	2,773.06	11
Arena	10.00	2.561	9.85																				
Asfalto	6.5	1.026	6.40																				
TOTAL	101.5		100.00	2.613	2.647	0.500	Promd.					2.337	2.404	83.691	2.791	13.519	16.309	5.936	82.889			2659.0	11.00

4.- BRIQUETA CON 7.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.596	24.51				1	1242.3	1246.6	705.5	541.10	2.296	1500							1045	0.93	2,138.07	14
3/8	15.00	2.550	14.71				2	1167.6	1172.9	664.7	508.20	2.298	7975							1262	1.04	2,887.46	15
3/16	45.00	2.658	44.12				3	1258.0	1265.7	714.7	551.00	2.283	8848							1101	0.89	2,155.76	16
Arena	10.00	2.561	9.80																				
Asfalto	7.0	1.026	6.86																				
TOTAL	102		100.00	2.613	2.653	0.581	Promd.					2.292	2.392	81.691	4.187	14.122	18.309	6.322	77.130			2393.8	15.00

LABORATORIO DE ASFALTOS

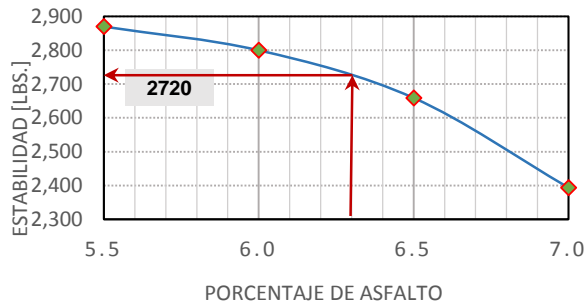
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

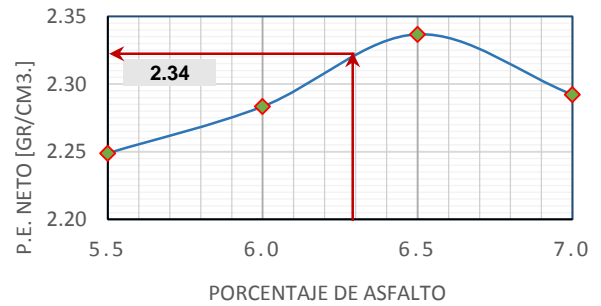
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

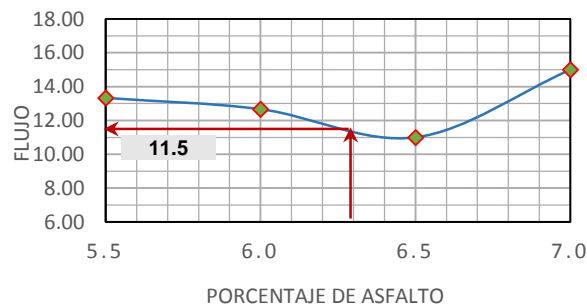
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



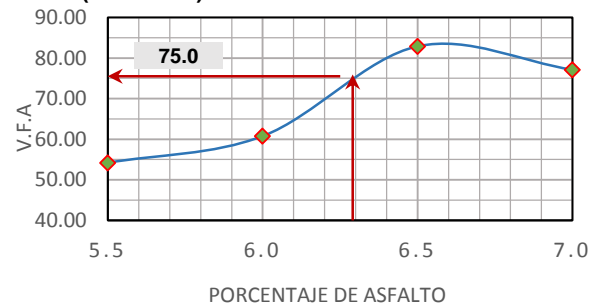
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



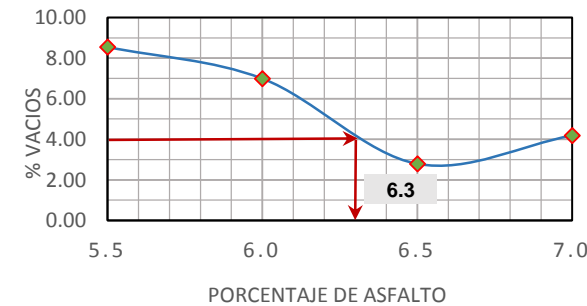
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



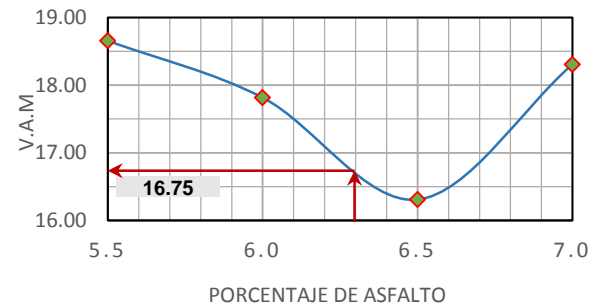
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.30	2720.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.30	2.34	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.30	11.50	Norma 8-16
4	6.30	75.00	Norma 65-75
5	6.30	4.00	Norma 3-5
6	6.30	16.75	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.30	

ANEXO

3

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.73	T-85	25%	6.30
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.73	T-85	15%	OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE (MUESTRA 3)
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.73	T-84	45%	
ARENA DE RÍO	2.70	T-84	10%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.96
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	245.00	245.00	4.90	95.10
3/8 "	3,858.00	4,103.00	82.06	17.94
No.4	78.00	4,181.00	83.62	16.38
No.8	0.00	4,181.00	83.62	16.38
No.30	3.00	4,184.00	83.68	16.32
No.50	5.00	4,189.00	83.78	16.22
No.100	2.00	4,191.00	83.82	16.18
No.200	36.00	4,227.00	0.00	0.00
TOTAL	5,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	3926.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	4000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	2486.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.726
Gravedad Específica seca (neta)	2.593
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.642
Absorción	1.885

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	2,254.00	2,254.00	75.13	24.87
No.8	658.00	2,912.00	97.07	2.93
No.30	2.00	2,914.00	97.13	2.87
No.50	0.00	2,914.00	97.13	2.87
No.100	1.00	2,915.00	97.17	2.83
No.200	1.00	2,916.00	0.00	0.00
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	2972.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g.)	3000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g.)	1885.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.734
Gravedad Específica seca (neta)	2.665
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.691
Absorción	0.942

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	125.83	125.83	12.58	87.42
No.8	223.84	349.67	34.97	65.03
No.30	310.32	659.99	66.00	34.00
No.50	102.43	762.42	76.24	23.76
No.100	69.87	832.29	83.23	16.77
No.200	41.75	874.04	87.40	12.60
PASA 200	874.04	0.00	0.00	100.00
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	491.20
B.- Peso del picnómetro con agua (g)	1417.50
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g)	1728.70
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.729
Gravedad específica seca neta	2.602
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.648
Absorción	1.792

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL ARENA

ORIGEN CANTERA: REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	4.56	4.56	0.46	99.54
No.8	144.00	148.56	14.86	85.14
No.30	493.96	642.52	64.25	35.75
No.50	215.23	857.75	85.78	14.23
No.100	89.90	947.65	94.77	5.24
No.200	15.63	963.28	96.33	3.67
PASA 200	963.28	36.72	3.67	
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	488.50
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1417.50
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1725.20
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.702
Gravedad específica seca neta	2.540
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.600
Absorción	2.354

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS
PROYECTO: PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA
 EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

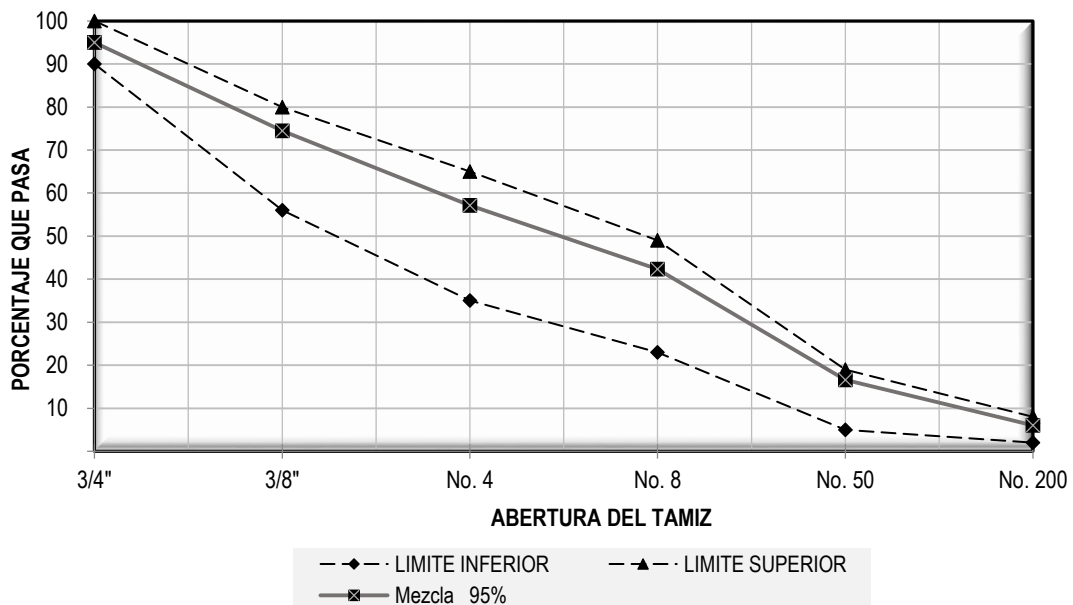
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES				Mezcla 95%	Faja 3/4" MOP		
	25%	15%	45%	10%		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"	ARENA				
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	95.00	90	-	100
1/2"	95.10	100.00	100.00	100.00	93.78		-	
3/8"	17.94	100.00	100.00	100.00	74.49	56	-	80
No. 4	16.38	24.87	87.42	99.54	57.12	35	-	65
No. 8	16.38	2.93	65.03	85.14	42.31	23	-	49
No. 30	16.32	2.87	34.00	35.75	23.39			
No. 50	16.22	2.87	23.76	14.23	16.60	5	-	19
No. 100	16.18	2.83	16.77	5.24	12.54			
No. 200	0.00	0.00	12.60	3.67	6.04	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 5.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.593	24.88				1	1254.6	1265.5	703.2	562.24	2.231	1500							1449	0.86	2,741.51	12
3/8	15.00	2.665	14.93				2	1171.0	1175.1	658.5	516.60	2.267	7975							1248	1.00	2,745.60	11
3/16	45.00	2.602	44.78				3	1181.9	1186.9	661.2	525.67	2.248	8865							1238	0.96	2,614.66	11
Arena	10.00	2.540	9.95																				
Asfalto	5.5	1.026	5.47																				
TOTAL	100.5		100.00	2.603	2.675	1.071	Promd.					2.249	2.459	81.678	8.547	9.776	18.322	4.460	53.354			2700.6	11.33

2.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.593	24.75				1	1254.1	1254.1	715.4	538.67	2.328	1500							1475	0.93	3,017.85	11
3/8	15.00	2.665	14.85				2	1218.5	1218.5	692.6	525.95	2.396	7975							1550	0.96	3,273.60	13
3/16	45.00	2.602	44.55				3	1260.0	1260.0	717.9	542.11	2.248	8863							1183	0.93	2,420.42	11
Arena	10.00	2.540	9.90																				
Asfalto	6.0	1.026	5.94																				
TOTAL	101		100.00	2.603	2.687	1.232	Promd.					2.324	2.451	83.985	5.186	10.829	16.015	4.782	67.619			2904.0	11.67

3.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.593	24.63				1	1293.0	1295.0	741.3	553.73	2.335	1500							1201	1.00	2,642.20	11
3/8	15.00	2.665	14.78				2	1349.1	1352.2	774.5	577.69	2.335	7975							1497	0.93	3,062.86	12
3/16	45.00	2.602	44.33				3	1332.3	1335.4	766.0	569.35	2.340	8854							1571	0.96	3,317.95	13
Arena	10.00	2.540	9.85																				
Asfalto	6.5	1.026	6.40																				
TOTAL	101.5		100.00	2.603	2.662	0.880	Promd.					2.337	2.415	84.035	3.258	12.708	15.965	5.580	79.594			3007.7	12.00

4.- BRIQUETA CON 7.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.593	24.51				1	1217.5	1221.7	697.7	523.93	2.324	1500							1047	0.89	2,050.03	14
3/8	15.00	2.665	14.71				2	1144.2	1149.4	657.4	492.05	2.325	7975							1240	1.04	2,837.12	15
3/16	45.00	2.602	44.12				3	1232.8	1240.4	706.8	533.55	2.311	8848							1071	0.89	2,097.02	15
Arena	10.00	2.540	9.80																				
Asfalto	7.0	1.026	6.86																				
TOTAL	102		100.00	2.603	2.653	0.742	Promd.					2.320	2.392	83.020	3.027	13.953	16.980	6.171	82.174			2328.1	14.67

LABORATORIO DE ASFALTOS

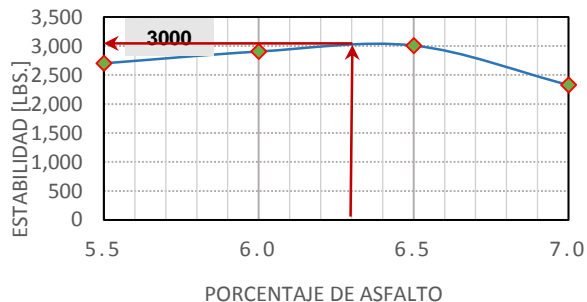
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

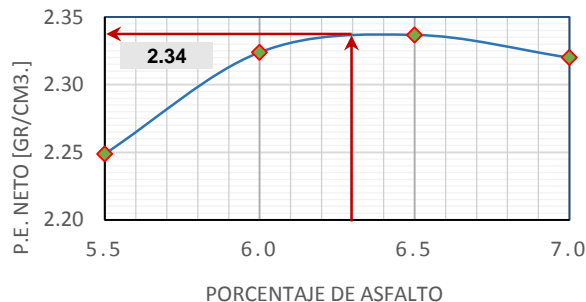
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

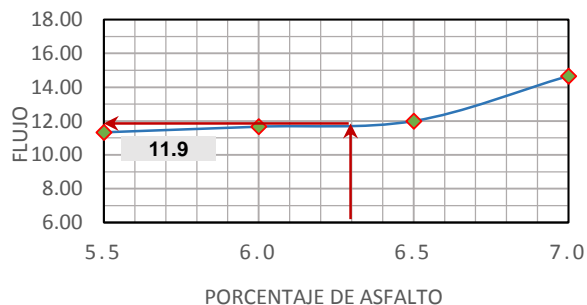
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



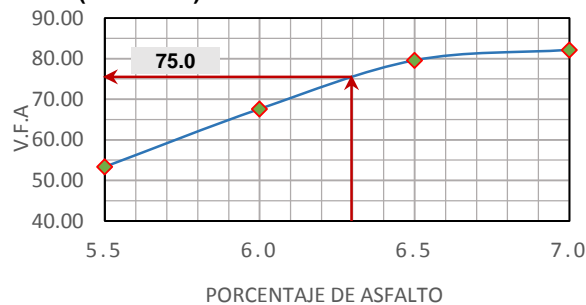
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



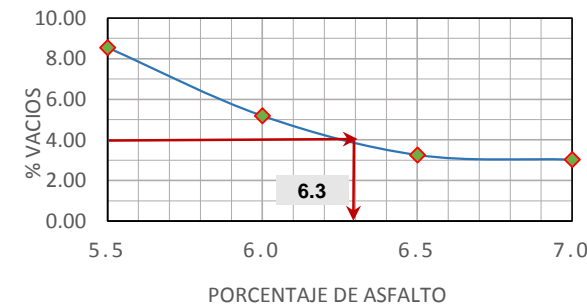
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



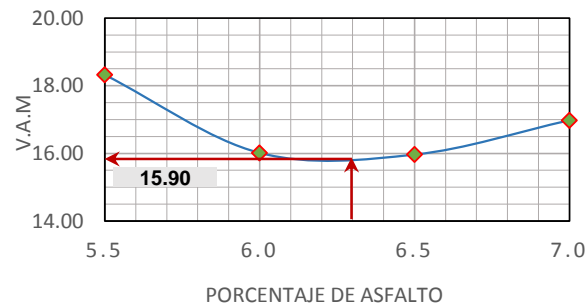
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.30	3000.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.30	2.34	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.30	11.90	Norma 8-14
4	6.30	75.00	Norma 65-75
5	6.30	4.00	Norma 3-5
6	6.30	15.90	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.30	

ANEXO

4

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.91	T-85	25%	6.30 OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CANTERA DE LA VIRGINIA (MUESTRA 1)
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.87	T-85	10%	
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.52	T-84	50%	
ARENA DE RÍO	2.86	T-84	15%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.86
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	9.00	9.00	0.18	99.82
1/2 "	9.00	9.00	0.18	99.82
3/8 "	4,505.00	4,514.00	90.28	9.72
No.4	439.00	4,953.00	99.06	0.94
No.8	0.00	4,953.00	99.06	0.94
No.30	0.00	4,953.00	99.06	0.94
No.50	0.00	4,953.00	99.06	0.94
No.100	0.00	4,953.00	99.06	0.94
No.200	0.00	4,953.00	0.00	0.00
TOTAL	5,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	4957.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	5000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	3251.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.906
Gravedad Específica seca (neta)	2.834
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.859
Absorción	0.867

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	2,742.00	2,742.00	91.40	8.60
No.8	191.00	2,933.00	97.77	2.23
No.30	0.00	2,933.00	97.77	2.23
No.50	0.00	2,933.00	97.77	2.23
No.100	0.00	2,933.00	97.77	2.23
No.200	0.00	2,933.00	0.00	0.00
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	2964.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	3000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	1931.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.869
Gravedad Específica seca (neta)	2.773
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.806
Absorción	1.215

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	79.30	79.30	7.93	92.07
No.8	494.30	573.60	57.36	42.64
No.30	232.90	806.50	80.65	19.35
No.50	42.80	849.30	84.93	15.07
No.100	47.50	896.80	89.68	10.32
No.200	23.80	920.60	92.06	7.94
PASA 200	920.60	79.40	7.94	92.06
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	492.50
B.- Peso del picnómetro con agua (g)	1413.60
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g)	1710.30
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.515
Gravedad específica seca neta	2.423
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.459
Absorción	1.523

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL ARENA

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	54.00	54.00	5.40	94.60
No.8	279.00	333.00	33.30	66.70
No.30	299.00	632.00	63.20	36.80
No.50	151.20	783.20	78.32	21.68
No.100	110.30	893.50	89.35	10.65
No.200	9.00	902.50	90.25	9.75
PASA 200	902.50	97.50	9.75	
TOTAL	1,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	486.50
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1311.40
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1628.00
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.863
Gravedad específica seca neta	2.653
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.726
Absorción	2.775

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS
PROYECTO: PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

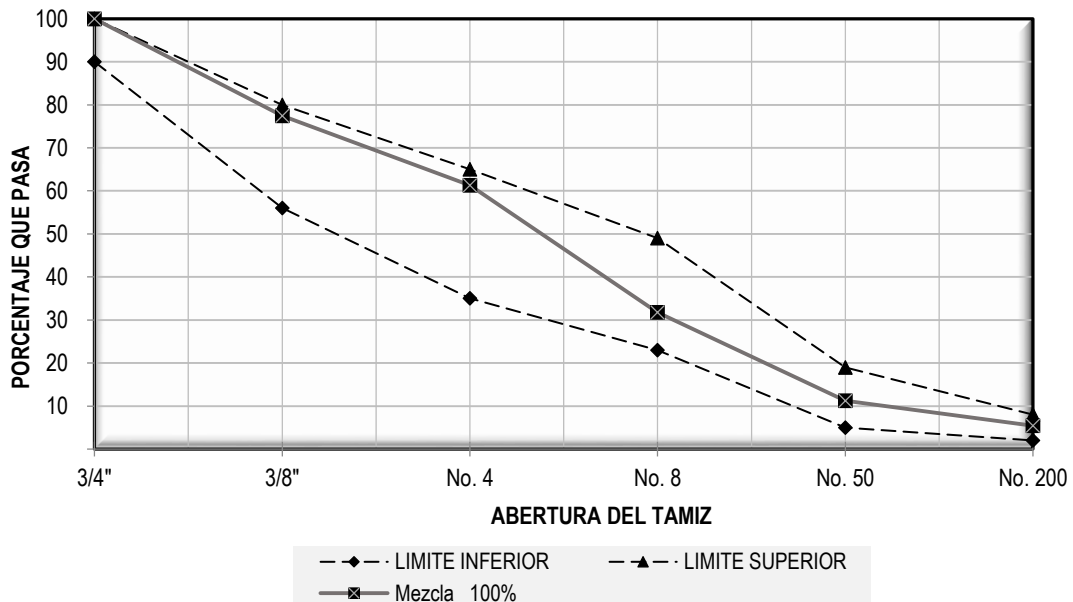
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES				Mezcla 100%	Faja 3/4" MOP		
	25%	10%	50%	15%		LIMITE SUPERIOR		
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"	ARENA		LIMITE INFERIOR		LIMITE SUPERIOR
3/4"	99.82	100.00	100.00	100.00	99.96	90	-	100
1/2"	99.82	100.00	100.00	100.00	99.96		-	
3/8"	9.72	100.00	100.00	100.00	77.43	56	-	80
No. 4	0.94	8.60	92.07	94.60	61.32	35	-	65
No. 8	0.94	2.23	42.64	66.70	31.78	23	-	49
No. 30	0.94	2.23	19.35	36.80	15.65			
No. 50	0.94	2.23	15.07	21.68	11.25	5	-	19
No. 100	0.94	2.23	10.32	10.65	7.22			
No. 200	0.00	0.00	7.94	9.75	5.43	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 5.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.834	23.70				1	1225.7	1227.0	694.4	532.60	2.301								1325	0.96	2,798.40	8
3/8	10.00	2.773	9.48				2	1213.0	1218.0	684.2	533.80	2.272								1347	0.96	2,844.86	9
3/16	50.00	2.423	47.39				3	1226.2	1230.0	684.0	546.00	2.246								1451	0.93	2,968.75	10
Arena	15.00	2.653	14.22																				
Asfalto	5.5	1.026	5.21																				
TOTAL	105.5		100.00	2.583	2.714	1.931	Promd.					2.273	2.500	83.433	9.073	7.494	16.567	3.383	45.236			2870.7	9.00

2.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.834	23.58				1	1273.0	1274.3	731.5	542.80	2.345								1212	0.93	2,479.75	11
3/8	10.00	2.773	9.43				2	1268.4	1270.3	728.4	541.90	2.220								1198	0.93	2,451.11	10
3/16	50.00	2.423	47.17				3	1203.0	1205.5	688.0	517.50	2.451								1213	1.00	2,668.60	10
Arena	15.00	2.653	14.15																				
Asfalto	6.0	1.026	5.66																				
TOTAL	106		100.00	2.583	2.709	1.857	Promd.					2.339	2.479	85.434	5.658	8.908	14.566	3.908	61.157			2533.2	10.33

3.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.834	23.47				1	1298.0	1299.5	744.3	555.20	2.338								1147	0.89	2,245.83	12
3/8	10.00	2.773	9.39				2	1256.0	1258.7	716.5	542.20	2.316								1192	0.93	2,438.83	13
3/16	50.00	2.423	46.95				3	1271.2	1273.6	726.0	547.60	2.321								1175	0.89	2,300.65	14
Arena	15.00	2.653	14.08																				
Asfalto	6.5	1.026	6.10																				
TOTAL	106.5		100.00	2.583	2.654	1.075	Promd.					2.325	2.420	84.543	3.915	11.542	15.457	5.093	74.673			2328.4	13.00

4.- BRIQUETA CON 7.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				Lect. KG	F.C.	Libras	
3/4	25.00	2.834	23.36				1	1293.0	1294.0	736.8	557.20	2.321								1107	0.93	2,264.92	16
3/8	10.00	2.773	9.35				2	1266.4	1267.0	723.4	543.60	2.330								1089	1.00	2,395.80	15
3/16	50.00	2.423	46.73				3	1263.0	1264.1	718.8	545.30	2.316								1178	0.89	2,306.52	15
Arena	15.00	2.653	14.02																				
Asfalto	7.0	1.026	6.54																				
TOTAL	107		100.00	2.583	2.642	0.890	Promd.					2.322	2.395	84.034	3.043	12.923	15.966	5.710	80.939			2322.4	15.33

LABORATORIO DE ASFALTOS

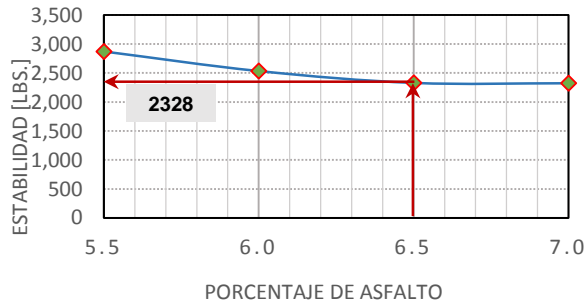
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

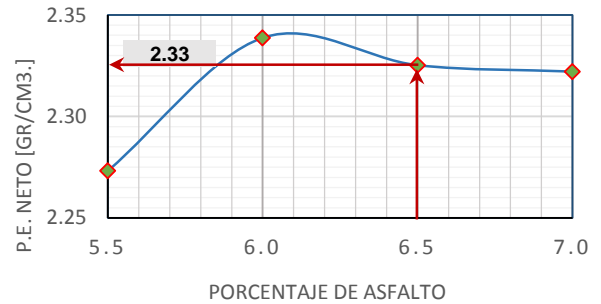
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

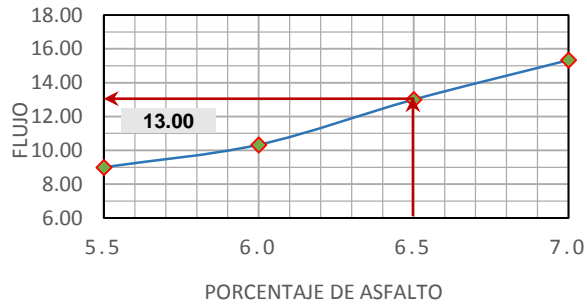
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



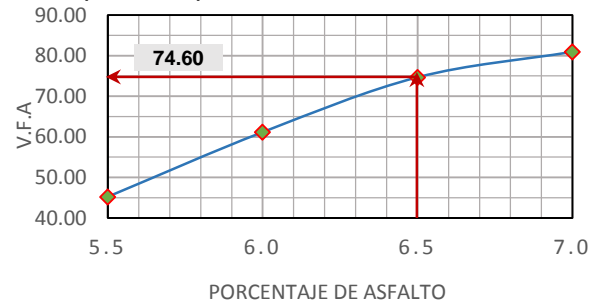
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



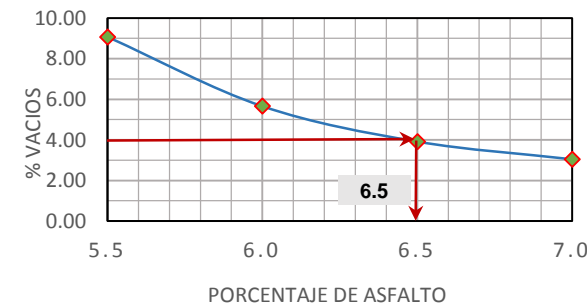
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



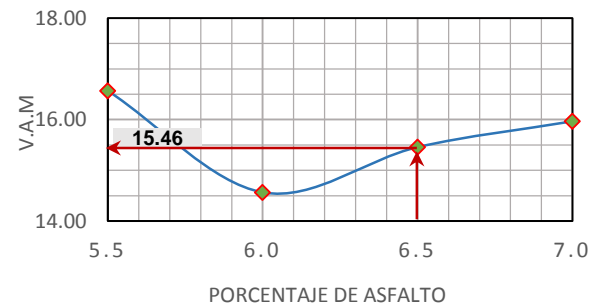
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.30	2328.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.30	2.33	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.30	13.00	Norma 8-16
4	6.30	74.60	Norma 65-75
5	6.30	4.00	Norma 3-5
6	6.30	15.46	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.30	

ANEXO

5

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.87	T-85	38%	6.20
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.94	T-85	10%	OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CANTERA DE LA VIRGINIA (MUESTRA 2)
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.93	T-84	40%	
ARENA DE RÍO	2.73	T-84	12%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.79
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	138.00	138.00	1.90	98.10
1/2 "	3,917.00	3,917.00	53.80	46.20
3/8 "	1,559.00	5,476.00	75.21	24.79
No.4	1,602.00	7,078.00	97.21	2.79
No.8	0.00	7,078.00	97.21	2.79
No.30	0.00	7,078.00	97.21	2.79
No.50	0.00	7,078.00	97.21	2.79
No.100	0.00	7,078.00	97.21	2.79
No.200	0.00	7,078.00	0.00	0.00
TOTAL	7,281.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1189.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	775.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.872
Gravedad Específica seca (neta)	2.798
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.824
Absorción	0.925

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE
LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	2,272.00	2,272.00	75.73	24.27
No.8	524.00	2,796.00	93.20	6.80
No.30	0.00	2,796.00	93.20	6.80
No.50	0.00	2,796.00	93.20	6.80
No.100	0.00	2,796.00	93.20	6.80
No.200	0.00	2,796.00	0.00	0.00
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1187.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	783.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.938
Gravedad Específica seca (neta)	2.847
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.878
Absorción	1.095

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	0.00	0.00	0.00	100.00
No.8	165.00	165.00	33.00	67.00
No.30	157.50	322.50	64.50	35.50
No.50	53.50	376.00	75.20	24.80
No.100	57.00	433.00	86.60	13.40
No.200	19.00	452.00	90.40	9.60
PASA 200	452.00	48.00	9.60	90.40
TOTAL	500.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	491.00
B.- Peso del picnómetro con agua (g)	1449.20
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g)	1772.50
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.928
Gravedad específica seca neta	2.779
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.830
Absorción	1.833

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL ARENA

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	26.10	26.10	5.22	94.78
No.8	179.80	205.90	41.18	58.82
No.30	149.50	355.40	71.08	28.92
No.50	44.20	399.60	79.92	20.08
No.100	37.30	436.90	87.38	12.62
No.200	19.30	456.20	91.24	8.76
PASA 200	456.20	43.80	8.76	
TOTAL	500.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	495.30
B.- Peso del picnómetro con agua (g)	1433.10
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g)	1746.90
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.729
Gravedad específica seca neta	2.660
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.685
Absorción	0.949

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS
PROYECTO: PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA
 EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

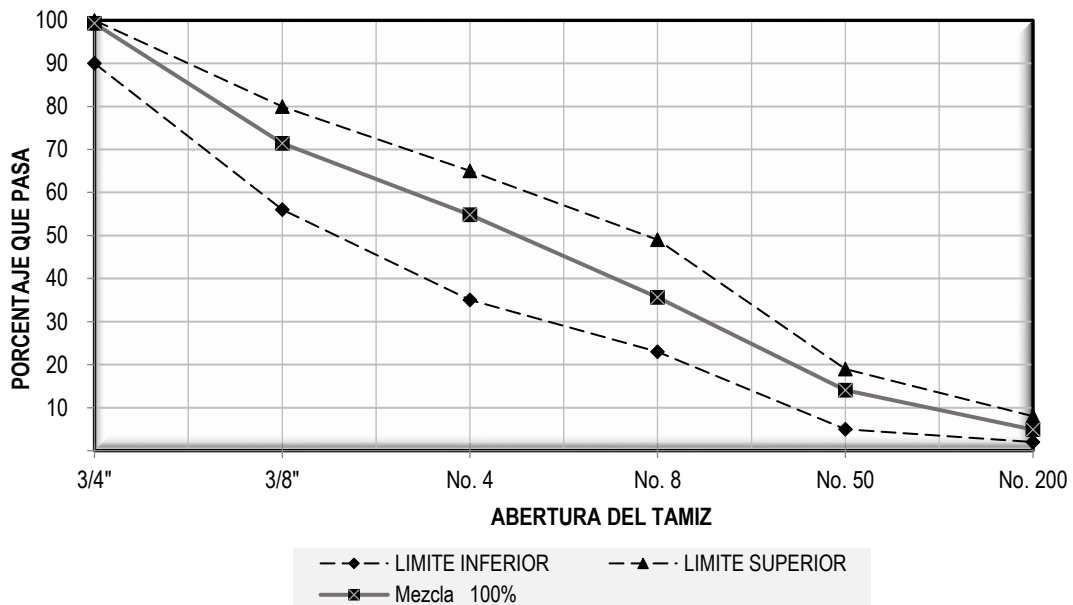
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES				Mezcla 100%	Faja 3/4" MOP		
	38%	10%	40%	12%		LIMITE SUPERIOR		LIMITE INFERIOR
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"	ARENA				
3/4"	98.10	100.00	100.00	100.00	99.28	90	-	100
1/2"	46.20	100.00	100.00	100.00	79.56		-	
3/8"	24.79	100.00	100.00	100.00	71.42	56	-	80
No. 4	2.79	24.27	100.00	94.78	54.86	35	-	65
No. 8	2.79	6.80	67.00	58.82	35.60	23	-	49
No. 30	2.79	6.80	35.50	28.92	19.41			
No. 50	2.79	6.80	24.80	20.08	14.07	5	-	19
No. 100	2.79	6.80	13.40	12.62	8.61			
No. 200	0.00	0.00	9.60	8.76	4.89	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 5.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.798	36.02				1	1312.5	1316.0	771.0	545.00	2.408								316	0.93	2215.9	10
3/8	10.00	2.847	9.48				2	1347.0	1351.2	786.2	565.00	2.384								278	0.86	1807.0	13
3/16	40.00	2.779	37.91				3	1290.5	1311.0	762.5	548.50	2.353								127	0.89	874.2	12
Arena	12.00	2.660	11.37																				
Asfalto	5.5	1.026	5.21																				
TOTAL	105.5		100.00	2.778	2.899	1.545	Promd.					2.382	2.647	81.276	10.023	8.701	18.724	3.749	46.471			1632.3	11.67

2.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.798	35.85				1	1360.0	1362.5	813.7	548.80	2.478								512	0.89	3413.2	13
3/8	10.00	2.847	9.43				2	1375.6	1377.5	818.3	559.20	2.290								335	0.86	2170.2	12
3/16	40.00	2.779	37.74				3	1280.8	1282.6	761.6	521.00	2.640								265	1.00	2004.8	13
Arena	12.00	2.660	11.32																				
Asfalto	6.0	1.026	5.66																				
TOTAL	106		100.00	2.778	2.864	1.109	Promd.					2.470	2.600	83.879	5.015	11.106	16.121	4.615	68.894			2529.4	12.67

3.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.798	35.68				1	1420.5	1422.8	850.0	572.80	2.480								485	0.89	3235.1	13
3/8	10.00	2.847	9.39				2	1435.5	1438.9	854.5	584.40	2.456								399	0.93	2787.9	13
3/16	40.00	2.779	37.56				3	1384.3	1390.0	818.3	571.70	2.421								294	0.96	2130.9	14
Arena	12.00	2.660	11.27																				
Asfalto	6.5	1.026	6.10																				
TOTAL	106.5		100.00	2.778	2.870	1.184	Promd.					2.453	2.586	82.908	5.160	11.931	17.092	4.992	69.808			2718.0	13.33

4.- BRIQUETA CON 7.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.798	35.51				1	1396.4	1397.5	795.7	601.78	2.321								462	0.89	3083.5	16
3/8	10.00	2.847	9.35				2	1367.7	1368.4	781.3	587.09	2.330								380	0.93	2657.0	15
3/16	40.00	2.779	37.38				3	1364.0	1365.2	776.3	588.92	2.316								280	0.96	2031.3	15
Arena	12.00	2.660	11.21																				
Asfalto	7.0	1.026	6.54																				
TOTAL	107		100.00	2.778	2.894	1.485	Promd.					2.322	2.586	78.132	10.204	11.664	21.868	5.154	53.336			2590.6	15.44

LABORATORIO DE ASFALTOS

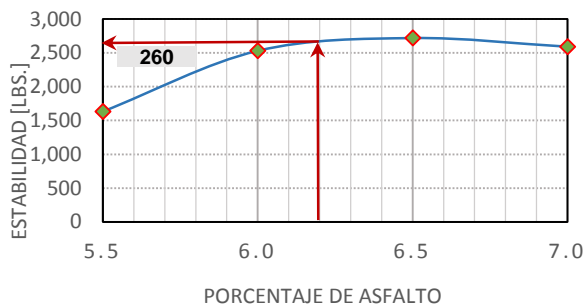
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

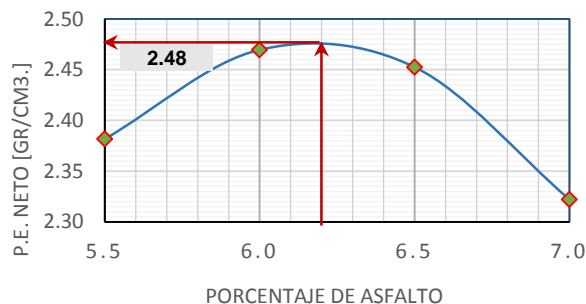
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

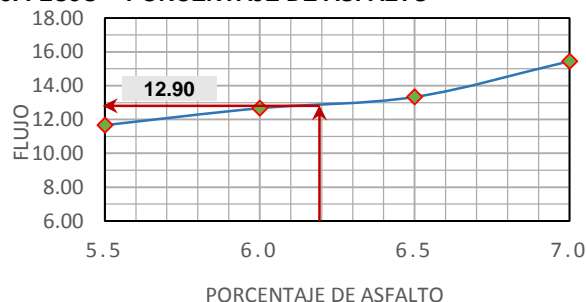
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



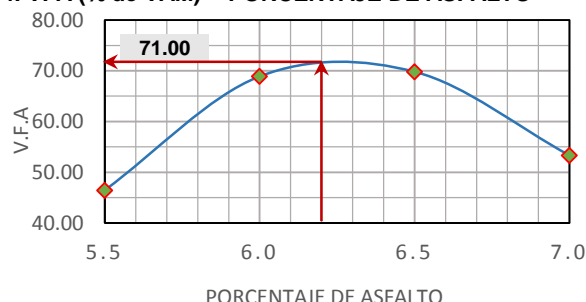
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



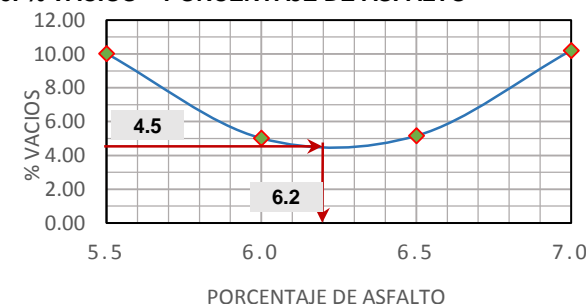
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



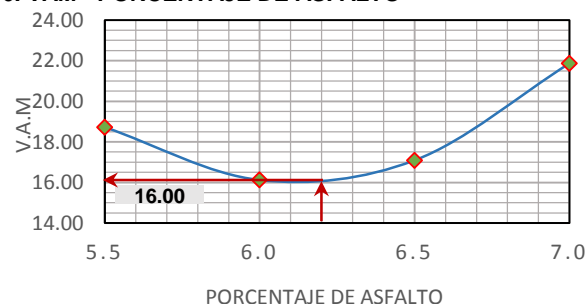
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.20	2600.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.20	2.48	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.20	12.90	Norma 8-14
4	6.20	71.00	Norma 65-75
5	6.20	4.50	Norma 3-5
6	6.20	16.00	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.20	

ANEXO

6

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.87	T-85	38%	6.20
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.94	T-85	10%	OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CANTERA DE LA VIRGINIA (MUESTRA 3)
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.87	T-84	40%	
ARENA DE RÍO	2.73	T-84	12%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.69
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	133.00	133.00	1.90	98.10
1/2 "	3,760.00	3,760.00	53.71	46.29
3/8 "	1,497.00	5,257.00	75.10	24.90
No.4	1,538.00	6,795.00	97.07	2.93
No.8	0.00	6,795.00	97.07	2.93
No.30	0.00	6,795.00	97.07	2.93
No.50	0.00	6,795.00	97.07	2.93
No.100	0.00	6,795.00	97.07	2.93
No.200	0.00	6,795.00	0.00	0.00
TOTAL	7,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	987.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	643.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.869
Gravedad Específica seca (neta)	2.765
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.801
Absorción	1.317

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	2,347.00	2,347.00	78.23	21.77
No.8	504.00	2,851.00	95.03	4.97
No.30	0.00	2,851.00	95.03	4.97
No.50	0.00	2,851.00	95.03	4.97
No.100	0.00	2,851.00	95.03	4.97
No.200	0.00	2,851.00	0.00	0.00
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	985.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1000.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	650.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.940
Gravedad Específica seca (neta)	2.814
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.857
Absorción	1.523

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	0.00	0.00	0.00	100.00
No.8	179.00	179.00	35.80	64.20
No.30	169.00	348.00	69.60	30.40
No.50	29.00	377.00	75.40	24.60
No.100	74.00	451.00	90.20	9.80
No.200	8.00	459.00	91.80	8.20
PASA 200	459.00	41.00	8.20	91.80
TOTAL	500.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	492.00
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1449.20
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1769.50
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.865
Gravedad específica seca neta	2.738
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.782
Absorción	1.626

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL ARENA

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LA VIRGINIA CANTÓN PAUTE

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	29.00	29.00	5.80	94.20
No.8	180.30	209.30	41.86	58.14
No.30	142.10	351.40	70.28	29.72
No.50	45.70	397.10	79.42	20.58
No.100	42.60	439.70	87.94	12.06
No.200	18.90	458.60	91.72	8.28
PASA 200	458.60	41.40	8.28	
TOTAL	500.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g.)	495.00
B.- Peso del picnómetro con agua (g.)	1433.10
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g.)	1747.00
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g.)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.733
Gravedad específica seca neta	2.660
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.687
Absorción	1.010

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS
PROYECTO: PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

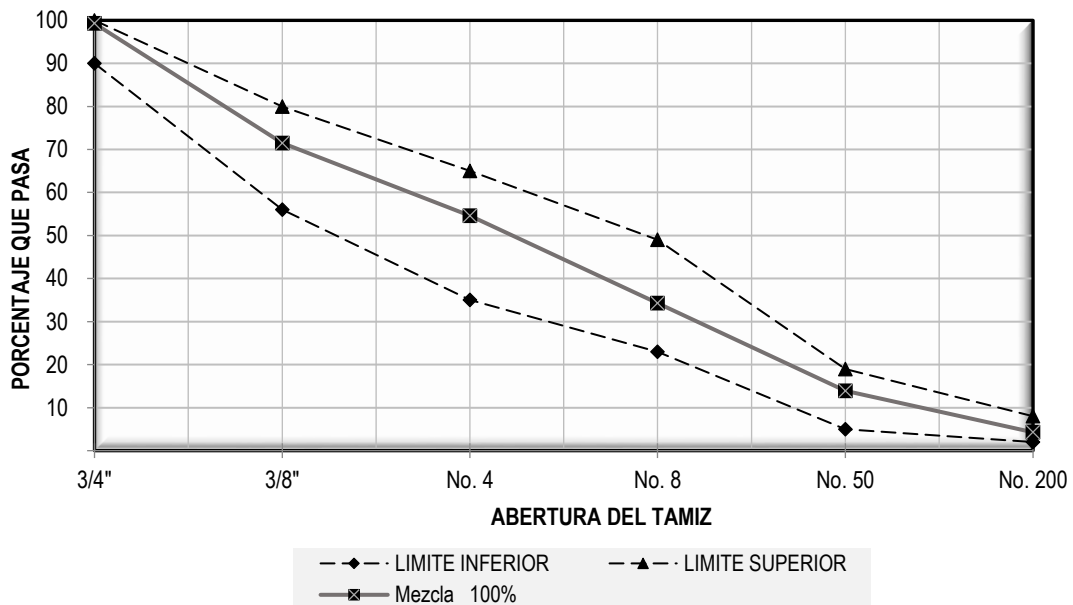
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES				Mezcla 100%	Faja 3/4" MOP		
	38%	10%	40%	12%		LIMITE SUPERIOR		LIMITE INFERIOR
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"	ARENA				
3/4"	98.10	100.00	100.00	100.00	99.28	90	-	100
1/2"	46.29	100.00	100.00	100.00	79.59		-	
3/8"	24.90	100.00	100.00	100.00	71.46	56	-	80
No. 4	2.93	21.77	100.00	94.20	54.59	35	-	65
No. 8	2.93	4.97	64.20	58.14	34.27	23	-	49
No. 30	2.93	4.97	30.40	29.72	17.34			
No. 50	2.93	4.97	24.60	20.58	13.92	5	-	19
No. 100	2.93	4.97	9.80	12.06	6.98			
No. 200	0.00	0.00	8.20	8.28	4.27	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 5.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.765	36.02				1	1305.9	1309.4	772.5	536.88	2.432							245	0.93	1726.6	10	
3/8	10.00	2.814	9.48				2	1340.3	1344.4	787.8	556.67	2.408							232	0.89	1566.6	13	
3/16	40.00	2.738	37.91				3	1286.6	1307.1	760.2	546.85	2.353							249	0.89	1678.7	12	
Arena	12.00	2.660	11.37																				
Asfalto	5.5	1.026	5.21																				
TOTAL	105.5		100.00	2.746	2.899	1.973	Promd.					2.398	2.647	82.768	9.421	7.811	17.232	3.343	45.330			1657.3	11.67

2.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.765	35.85				1	1369.5	1363.9	814.5	549.35	2.493							297	0.89	1995.3	13	
3/8	10.00	2.814	9.43				2	1385.2	1378.5	817.5	561.02	2.299							374	0.86	2418.7	12	
3/16	40.00	2.738	37.74				3	1289.8	1283.9	760.8	523.04	2.648							440	0.96	3169.5	13	
Arena	12.00	2.660	11.32																				
Asfalto	6.0	1.026	5.66																				
TOTAL	106		100.00	2.746	2.864	1.536	Promd.					2.480	2.600	85.211	4.611	10.178	14.789	4.211	68.822	370.33		2527.8	12.67

3.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.765	35.68				1	1427.6	1420.0	845.8	574.20	2.486							319	0.83	1996.1	14	
3/8	10.00	2.814	9.39				2	1442.7	1436.0	850.2	585.79	2.463							383	0.81	2332.1	13	
3/16	40.00	2.738	37.56				3	1391.2	1387.2	814.2	573.01	2.428							475	0.86	3062.4	12	
Arena	12.00	2.660	11.27																				
Asfalto	6.5	1.026	6.10																				
TOTAL	106.5		100.00	2.746	2.870	1.612	Promd.					2.459	2.586	84.088	4.912	11.000	15.912	4.590	69.129	392.33		2463.5	13.00

4.- BRIQUETA CON 7.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ECUA:FC(7.41*DD+41.14) ST 1433			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO hria	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				ESTABILIDAD			
																				Divis. Dial	F.C.	Libras	
3/4	38.00	2.765	35.51				1	1393.6	1394.7	793.4	601.37	2.317							453	0.78	2650.3	16	
3/8	10.00	2.814	9.35				2	1365.0	1365.6	778.9	586.70	2.327							370	0.81	2254.1	15	
3/16	40.00	2.738	37.38				3	1361.3	1362.5	774.0	588.52	2.313							298	0.81	1821.9	15	
Arena	12.00	2.660	11.21																				
Asfalto	7.0	1.026	6.54																				
TOTAL	107		100.00	2.746	2.894	1.913	Promd.					2.319	2.586	78.932	10.323	10.744	21.068	4.754	50.999	373.67		2242.1	15.44

LABORATORIO DE ASFALTOS

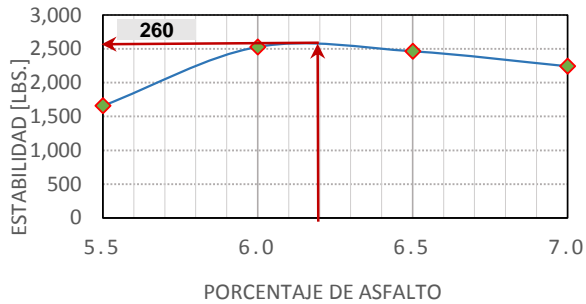
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

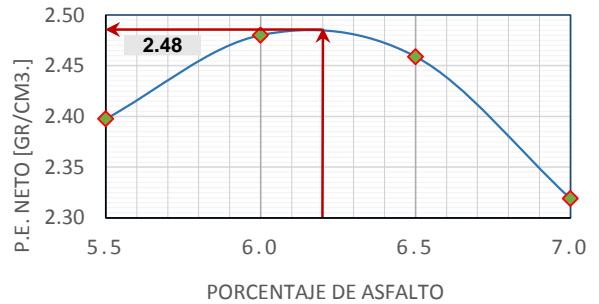
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

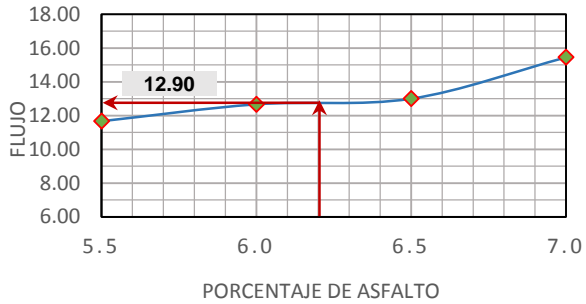
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



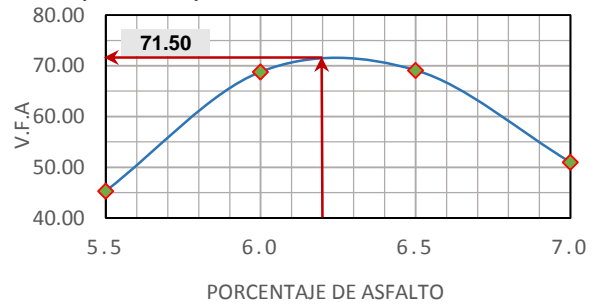
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



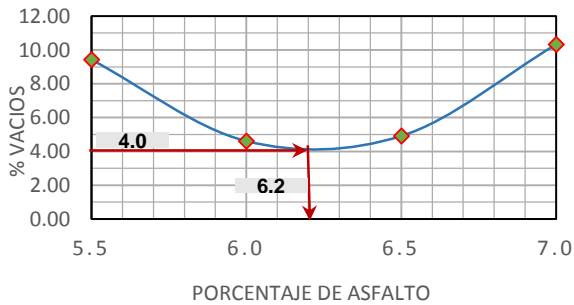
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



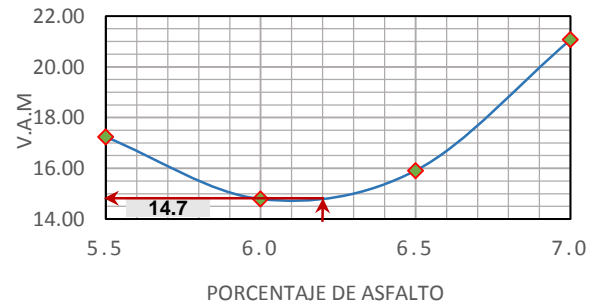
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.20	2600.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.20	2.48	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.20	12.90	Norma 8-14
4	6.20	71.50	Norma 65-75
5	6.20	4.00	Norma 3-5
6	6.20	14.75	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.20	

ANEXO

7

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.72	T-85	22%	6.90
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.69	T-85	26%	OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES (ENSAYO 1)
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.70	T-84	52%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.72
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	975.00	975.00	25.34	74.66
1/2 "	3,113.00	3,113.00	80.90	19.10
3/8 "	481.00	3,594.00	93.40	6.60
No.4	240.00	3,834.00	99.64	0.36
No.8	0.00	3,834.00	99.64	0.36
No.30		14.00		
No.50				
No.100				
No.200				
TOTAL	3,848.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1695.40
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1787.30
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	1072.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.720
Gravedad Específica seca (neta)	2.370
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.499
Absorción	5.421

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	18.00	18.00	0.84	99.16
No.4	1,413.00	1,431.00	66.93	33.07
No.8	543.00	1,974.00	92.33	7.67
No.30				
No.50	2,108.00	2,108.00	98.60	1.40
No.100				
No.200				
TOTAL	2,138.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1149.30
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1194.50
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	721.40

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.686
Gravedad Específica seca (neta)	2.429
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.525
Absorción	3.933

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	4.90	4.90	0.98	99.02
No.8	114.70	119.60	23.92	76.08
No.30	208.70	328.30	65.66	34.34
No.50	56.70	385.00	77.00	23.00
No.100	50.40	435.40	87.08	12.92
No.200	17.10	452.50	90.50	9.50
PASA 200	452.50	47.50	9.50	90.50
TOTAL	500.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	488.00
B.- Peso del picnómetro con agua (g)	1297.30
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g)	1604.40
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.698
Gravedad específica seca neta	2.530
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.592
Absorción	2.459

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

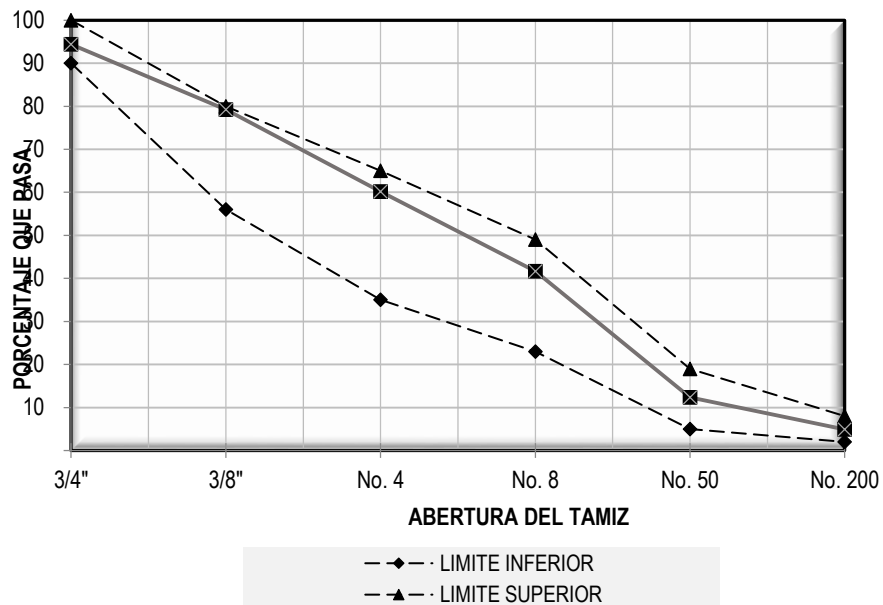
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES			Mezcla 100%	Faja 3/4" MOP		
	22%	26%	52%		LIMITE INFERIOR	-	LIMITE SUPERIOR
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"				
3/4"	74.66	100.00	100.00	94.43	90	-	100
1/2"	19.10	100.00	100.00	82.20		-	
3/8"	6.60	99.16	100.00	79.23	56	-	80
No. 4	0.36	33.07	99.02	60.17	35	-	65
No. 8	0.36	7.67	76.08	41.64	23	-	49
No. 30	0.00	0.00	34.34	17.86			
No. 50	0.00	1.40	23.00	12.32	5	-	19
No. 100	0.00	0.00	12.92	6.72			
No. 200	0.00	0.00	9.50	4.94	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.370	20.75				1	955.4	956.7	505.0	451.70	2.115								13.1	1.25	3681.2	10
3/8	26.00	2.429	24.53				2	965.4	966.9	510.2	456.64	2.114								12.15	1.25	3414.3	11
3/16	52.00	2.530	49.06				3	960.5	961.9	507.5	454.40	2.114								13.57	1.25	3813.3	11
Asfalto	6.0	1.026	5.66																				
TOTAL	106		100.00	2.467	2.511	0.736	Promd.					2.114	2.321	80.861	8.905	10.233	19.139	4.966	53.469			3636.3	10.67

2.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.370	20.66				1	988.9	990.2	532.6	457.60	2.161								14.29	1.19	3822.9	12
3/8	26.00	2.429	24.41				2	987.6	988.9	531.4	457.46	2.163								13.85	1.19	3705.2	12
3/16	52.00	2.530	48.83				3	989.5	990.9	532.9	457.95	2.156								14.15	1.19	3785.4	12
Asfalto	6.5	1.026	6.10																				
TOTAL	106.5		100.00	2.467	2.528	1.015	Promd.					2.160	2.321	82.227	6.930	10.843	17.773	5.151	61.008			3771.2	12.00

3.- BRIQUETA CON 6.7% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.370	20.56				1	994.8	996.1	542.8	453.30	2.195								12.28	1.25	3450.8	15
3/8	26.00	2.429	24.30				2	991.5	992.9	540.5	452.40	2.192								14.95	1.25	4201.1	12
3/16	52.00	2.530	48.60				3	995.4	996.8	543.1	453.65	2.194								14.8	1.25	4159.0	12
Asfalto	7.0	1.026	6.54																				
TOTAL	107		100.00	2.467	2.478	0.188	Promd.					2.193	2.268	83.104	3.288	13.609	16.896	6.366	80.542			3937.0	13.00

4.- BRIQUETA CON 7.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.370	20.47				1	1027.8	1028.7	558.5	470.20	2.186								13.62	1.19	3643.7	17
3/8	26.00	2.429	24.19				2	1025.4	1026.3	557.4	468.90	2.187								12.85	1.19	3437.7	16
3/16	52.00	2.530	48.37				3	1021.5	1022.6	555.9	466.70	2.189								12.95	1.19	3464.4	17
Asfalto	7.5	1.026	6.98																				
TOTAL	107.5		100.00	2.467	2.478	0.182	Promd.					2.187	2.255	82.480	3.009	14.511	17.520	6.808	82.828			3515.2	16.67

LABORATORIO DE ASFALTOS

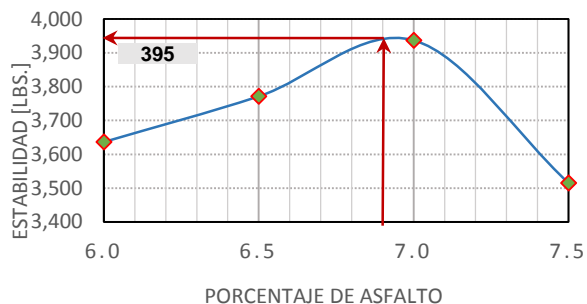
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

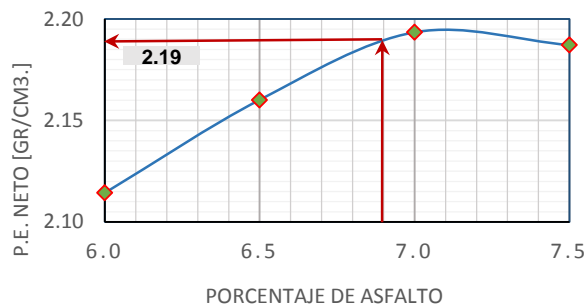
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

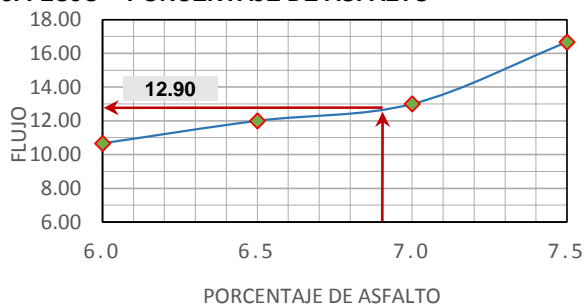
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



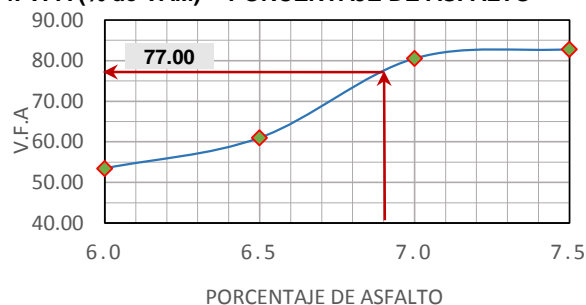
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



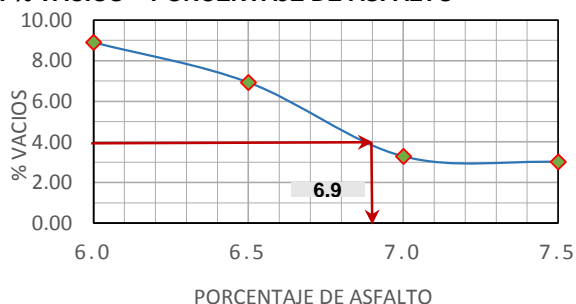
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



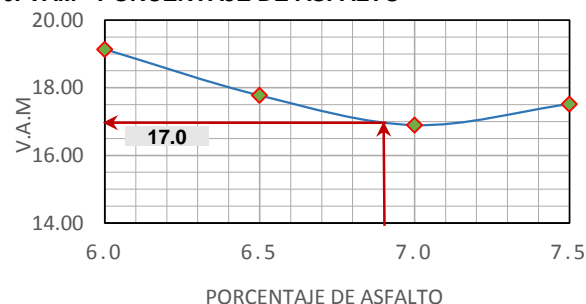
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.90	3950.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.90	2.19	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.90	12.90	Norma 8-14
4	6.90	77.00	Norma 65-75
5	6.90	4.00	Norma 3-5
6	6.90	17.00	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.90	

ANEXO

8

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.63	T-85	22%	6.80
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.64	T-85	26%	OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES (MUESTRA 2)
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.69	T-84	52%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.69
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	1,270.00	1,270.00	25.40	74.60
1/2 "	4,027.00	4,027.00	80.54	19.46
3/8 "	650.50	4,677.50	93.55	6.45
No.4	308.50	4,986.00	99.72	0.28
No.8		14.00		
No.30				
No.50				
No.100				
No.200				
TOTAL	5,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1160.20
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	718.24

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.625
Gravedad Específica seca (neta)	2.408
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.491
Absorción	3.430

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	25.00	25.00	0.83	99.17
No.4	1,978.40	2,003.40	66.78	33.22
No.8	760.60	2,764.00	92.13	7.87
No.30				
No.50	2,951.00	2,951.00	98.37	1.63
No.100				
No.200				
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1163.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	723.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.643
Gravedad Específica seca (neta)	2.438
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.516
Absorción	3.181

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA
FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	5.20	5.20	1.04	98.96
No.8	115.60	120.80	24.16	75.84
No.30	203.70	324.50	64.90	35.10
No.50	67.50	392.00	78.40	21.60
No.100	29.20	421.20	84.24	15.76
No.200	33.80	455.00	91.00	9.00
PASA 200	455.00	45.00	9.00	91.00
TOTAL	500.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	482.22
B.- Peso del picnómetro con agua (g)	1297.30
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g)	1600.00
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.686
Gravedad específica seca neta	2.444
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.534
Absorción	3.687

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

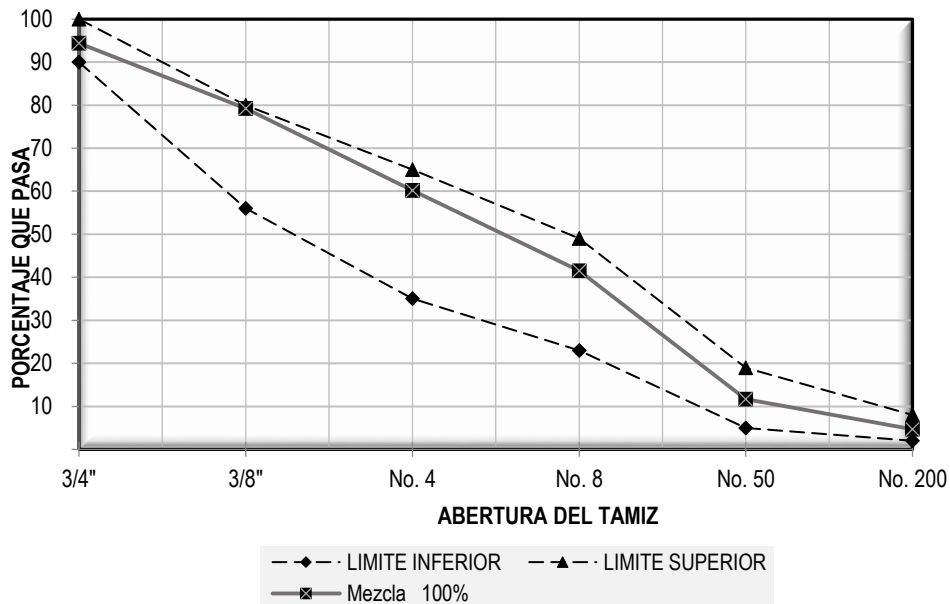
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES			Mezcla 100%	Faja 3/4" MOP		
	22%	26%	52%		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"				
3/4"	74.60	100.00	100.00	94.41	90	-	100
1/2"	19.46	100.00	100.00	82.28		-	
3/8"	6.45	99.17	100.00	79.20	56	-	80
No. 4	0.28	33.22	98.96	60.16	35	-	65
No. 8	0.00	7.87	75.84	41.48	23	-	49
No. 30	0.00	0.00	35.10	18.25			
No. 50	0.00	1.63	21.60	11.66	5	-	19
No. 100	0.00	0.00	15.76	8.20			
No. 200	0.00	0.00	9.00	4.68	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.408						20.75					1	945.8	947.1	500.0				447.18	2.115		
3/8	26.00	2.438	24.53				2	955.7	957.2	505.1	452.07	2.114								13.4	1.25	3765.6	10
3/16	52.00	2.444	49.06				3	950.8	952.3	502.4	449.86	2.114								12.5	1.25	3512.6	11
Asfalto	6.0	1.026	5.66																				
TOTAL	106		100.00	2.435	2.511	1.285	Promd.					2.114	2.321	81.929	8.905	9.166	18.071	4.448	50.720			3634.4	10.33

2.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.408						20.66					1	969.1	970.4	527.3				443.12	2.187		
3/8	26.00	2.438	24.41				2	967.8	969.1	526.1	443.00	2.189								14.5	1.25	4074.7	12
3/16	52.00	2.444	48.83				3	969.7	971.0	527.6	443.46	2.182								13.8	1.25	3878.0	12
Asfalto	6.5	1.026	6.10																				
TOTAL	106.5		100.00	2.435	2.528	1.564	Promd.					2.186	2.321	84.313	5.812	9.875	15.687	4.635	62.948			3971.6	12.00

3.- BRIQUETA CON 6.7% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.408						20.56					1	994.3	995.6	543.9				451.72	2.201		
3/8	26.00	2.438	24.30				2	991.0	992.4	541.6	450.82	2.198								14.35	1.25	4032.5	12
3/16	52.00	2.444	48.60				3	994.9	996.3	544.2	452.07	2.201								14.2	1.25	3990.4	12
Asfalto	7.0	1.026	6.54																				
TOTAL	107		100.00	2.435	2.478	0.737	Promd.					2.200	2.268	84.454	2.997	12.549	15.546	5.853	80.720	14.15		3976.3	13.00

4.- BRIQUETA CON 7.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacios de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.408						20.47					1	1027.3	1028.2	559.1				469.13	2.190		
3/8	26.00	2.438	24.19				2	1024.9	1025.8	558.0	467.83	2.191								12.9	1.19	3451.0	16
3/16	52.00	2.444	48.37				3	1021.0	1022.1	556.5	465.63	2.193								12.75	1.19	3410.9	17
Asfalto	7.5	1.026	6.98																				
TOTAL	107.5		100.00	2.435	2.478	0.731	Promd.					2.191	2.255	83.719	2.835	13.446	16.281	6.297	82.586	13.05		3491.2	16.67

LABORATORIO DE ASFALTOS

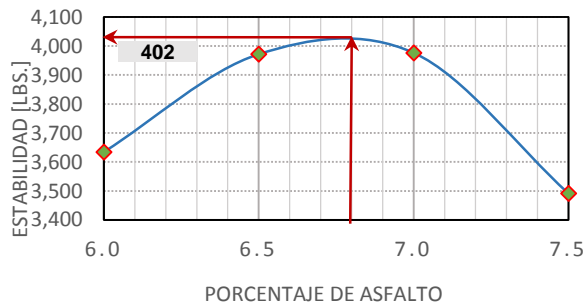
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

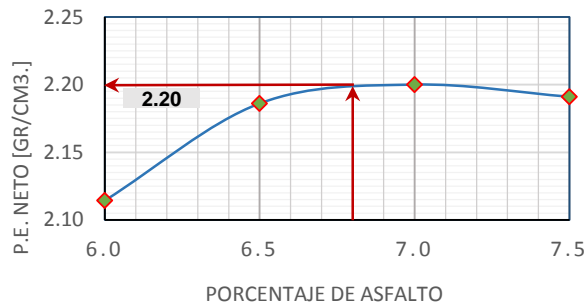
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

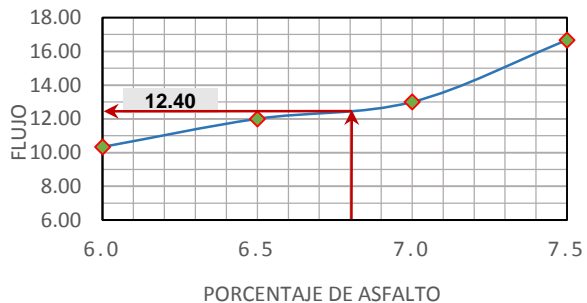
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



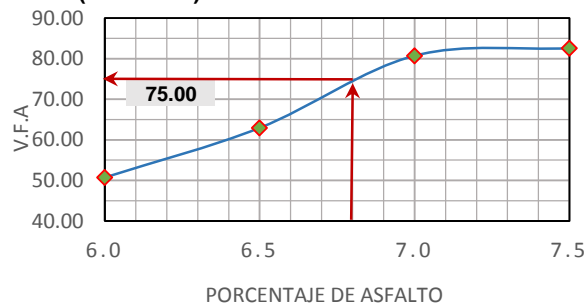
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



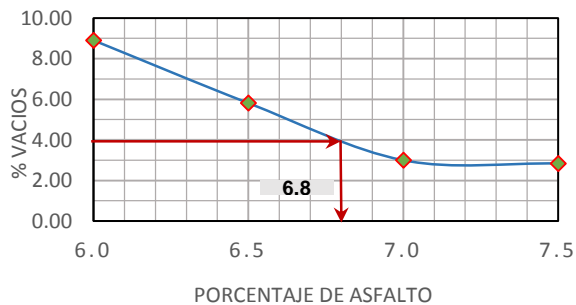
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



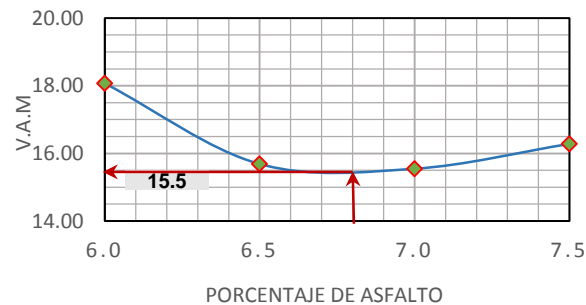
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	6.80	4020.00	Norma >1800, punto máximo
2	6.80	2.20	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	6.80	12.40	Norma 8-14, punto medio 11
4	6.80	75.00	Norma 65-75, punto medio 70
5	6.80	4.00	Norma 3-5
6	6.80	15.50	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		6.80	

ANEXO

9

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

RESUMEN DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECÍFICO NETO	NORMA AASHTO	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	
			DOSIFICACIÓN AGREGADOS	PORCENTAJE ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO
MATERIAL TRITURADO 3/4	2.72	T-85	22%	7.10 OBSERVACIONES: ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA REPOSICIÓN DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES (ENSAYO 3)
MATERIAL TRITURADO 3/8	2.69	T-85	26%	
MATERIAL TRITURADO 3/16	2.72	T-84	52%	
CEMENTO ASFÁLTICO AC-20	1.03	T-228	DOCUMENTO PETROECUADOR	

CRITERIOS MARSHALL	NORMA MOP TRÁFICO PESADO
ESTABILIDAD (Libras)	>1800
FLUJO (Pulgada/100)	8-14
% VACIOS	3-5
RELACIÓN Filler/Betún	0.8-1.2 Mezcla:0.57
V.F.A	65-75
V.A.M	Mínimo 14%

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/4

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	1,267.50	1,267.50	25.35	74.65
1/2 "	4,046.90	4,046.90	80.94	19.06
3/8 "	625.30	4,672.20	93.44	6.56
No.4	312.00	4,984.20	99.68	0.32
No.8	0.00	4,984.20	99.68	0.32
No.30		15.80		
No.50				
No.100				
No.200				
TOTAL	5,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1135.92
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	718.24

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.720
Gravedad Específica seca (neta)	2.358
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.491
Absorción	5.641

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/8

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	26.10	26.10	0.87	99.13
No.4	2,048.85	2,074.95	69.17	30.84
No.8	787.35	2,862.30	95.41	4.59
No.30				
No.50	2,972.28	2,972.28	99.08	0.92
No.100				
No.200				
TOTAL	3,000.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	1154.00
B.- Peso en el aire del agregado Sat. Sup. Seco (g)	1200.00
C.- Peso del agregado Sat. Sup. Seco sumergido (g)	725.01

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.690
Gravedad Específica seca (neta)	2.430
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.526
Absorción	3.986

LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA
PROYECTO: CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MATERIAL TRITURADO 3/16

ORIGEN CANTERA: CANTERAS DE LAS ORILLAS DEL RÍO JUBONES

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ No.	P. RETENIDOS PARCIALES	P. RETENIDOS ACUMULADO	% RETENIDOS ACUMULADO	% QUE PASA [g]
3/8 "	0.00	0.00	0.00	100.00
No.4	4.65	4.65	0.93	99.07
No.8	116.45	121.10	24.22	75.78
No.30	197.90	319.00	63.80	36.20
No.50	61.00	380.00	76.00	24.00
No.100	59.10	439.10	87.82	12.18
No.200	22.10	461.20	92.24	7.76
PASA 200	461.20	38.80	7.76	92.24
TOTAL	500.00			

2. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

A.- Peso en el aire del agregado seco al horno (g)	487.60
B.- Peso del picnómetro con agua (g)	1297.30
C.- Peso del picnómetro con el agregado y agua (g)	1605.70
D.- Peso del material sat. sup. Seco (g)	500.00

RESULTADOS

Gravedad específica seca aparente	2.721
Gravedad específica seca neta	2.545
Gravedad específica Sat. Sup. Seca	2.610
Absorción	2.543

LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

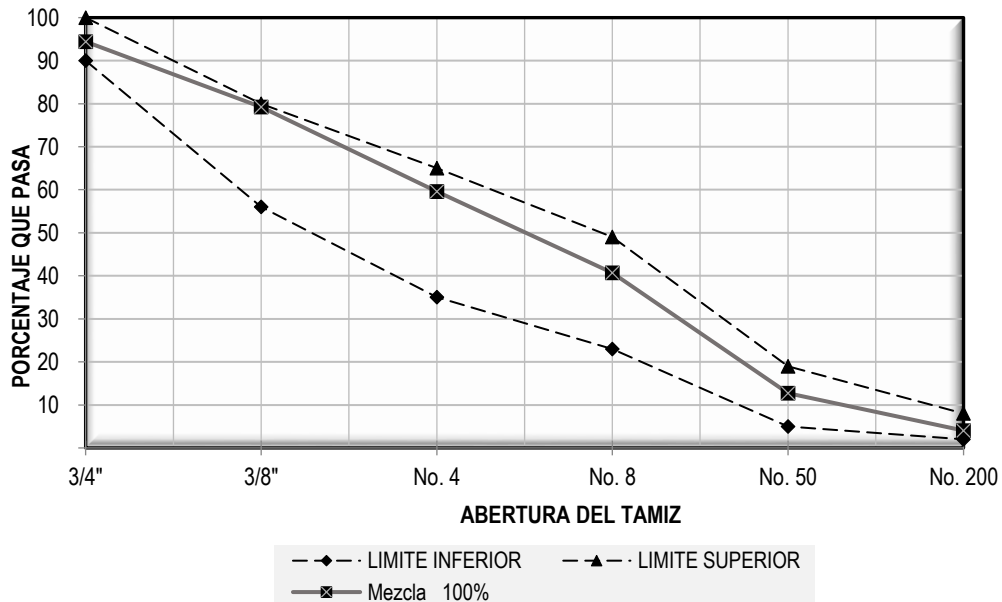
SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

MEZCLA DE ÁRIDOS

ABERTURA TAMIZ	PORCENTAJES EN PESO QUE PASA LOS TAMICES			Mezcla 100%	Faja 3/4" MOP		
	22%	26%	52%		LIMITE SUPERIOR		
	MAT. 3/4"	MAT. 3/8"	MAT. 3/16"		LIMITE INFERIOR		
3/4"	74.65	100.00	100.00	94.42	90	-	100
1/2"	19.06	100.00	100.00	82.19		-	
3/8"	6.56	99.13	100.00	79.22	56	-	80
No. 4	0.32	30.84	99.07	59.60	35	-	65
No. 8	0.32	4.59	75.78	40.67	23	-	49
No. 30	0.00	0.00	36.20	18.82			
No. 50	0.00	0.92	24.00	12.72	5	-	19
No. 100	0.00	0.00	12.18	6.33			
No. 200	0.00	0.00	7.76	4.04	2	-	8

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS



LABORATORIO DE ASFALTOS

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

FECHA: junio-17

1.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.358						20.75					1	956.4	957.7	503.7				453.92	2.107		
3/8	26.00	2.430	24.53				2	966.4	967.8	509.0	458.88	2.106							12.1	1.19	3237.0	12	
3/16	52.00	2.545	49.06				3	961.4	962.9	506.2	456.63	2.105							13.1	1.25	3681.2	11	
Asfalto	6.0	1.026	5.66																				
TOTAL	106		100.00	2.471	2.511	0.660	Promd.					2.106	2.321	80.399	9.260	10.341	19.601	5.038	52.757	12.53		3467.6	11.33

2.- BRIQUETA CON 6.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.358						20.66					1	989.9	991.2	531.3				459.92	2.152		
3/8	26.00	2.430	24.41				2	988.5	989.8	530.1	459.78	2.154							13.95	1.19	3731.9	12	
3/16	52.00	2.545	48.83				3	990.4	991.8	531.6	460.27	2.148							14.2	1.19	3798.8	11	
Asfalto	6.5	1.026	6.10																				
TOTAL	106.5		100.00	2.471	2.528	0.939	Promd.					2.151	2.321	81.744	7.307	10.949	18.256	5.222	59.974	14.03		3754.2	11.33

3.- BRIQUETA CON 6.0% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.358						20.56					1	997.3	998.6	539.3				459.32	2.171		
3/8	26.00	2.430	24.30				2	993.9	995.4	537.0	458.40	2.168							13.15	1.19	3517.9	13	
3/16	52.00	2.545	48.60				3	997.9	999.2	539.6	459.67	2.171							13.75	1.19	3678.4	12	
Asfalto	7.0	1.026	6.54																				
TOTAL	107		100.00	2.471	2.478	0.112	Promd.					2.170	2.268	82.070	4.315	13.614	17.930	6.437	75.932	13.85		3847.9	13.00

4.- BRIQUETA CON 7.5% EN PESO DE ASFALTO AC-20

AGREGADOS			DOSIFIC. EN % Agreg	P.E. NETO	P.E. EFECTIVO	% ABSC ASF. AC	Briquet #	PESOS			VOLUMEN cm3	DENSIDAD		PORCEN. EN VOLUMEN			VAM. Vac. Agreg	% Asfal. Efectivo	VFA % de VAM	ESTABILIDAD			FLUJO
TAMIZ	% TOTAL	P.E. NETO						Aire seco	Aire SSS	Agua		P.E. NETO briq.	RICE Medido	Agregado	Vacíos de Aire	Asf. Efct				kN	F.C.	Libras	
3/4	22.00	2.358						20.47					1	1028.8	1029.7	555.7				474.02	2.170		
3/8	26.00	2.430	24.19				2	1026.4	1027.3	554.6	472.71	2.171							14.35	1.14	3677.7	16	
3/16	52.00	2.545	48.37				3	1022.5	1023.6	553.1	470.50	2.173							13.85	1.14	3549.5	17	
Asfalto	7.5	1.026	6.98																				
TOTAL	107.5		100.00	2.471	2.478	0.105	Promd.					2.172	2.255	81.747	3.695	14.558	18.253	6.879	79.757	14.32		3669.1	16.33

LABORATORIO DE ASFALTOS

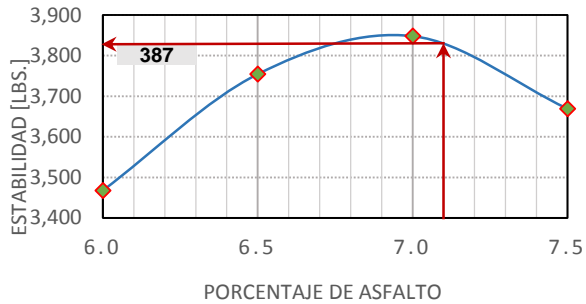
PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES ÁRIDOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE Y JUBONES Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

SOLICITA: ING. FRANCISCO DARQUEA

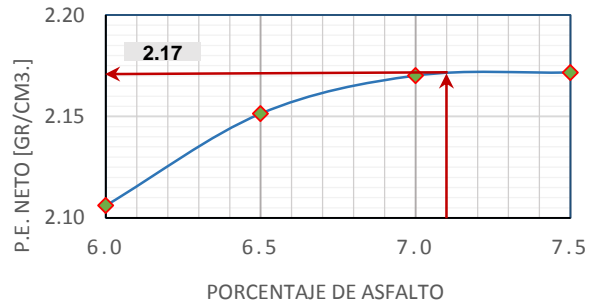
FECHA: junio-17

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO

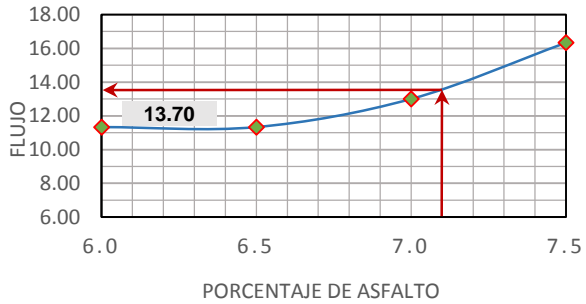
1. ESTABILIDAD - PORCENTAJE DE ASFALTO



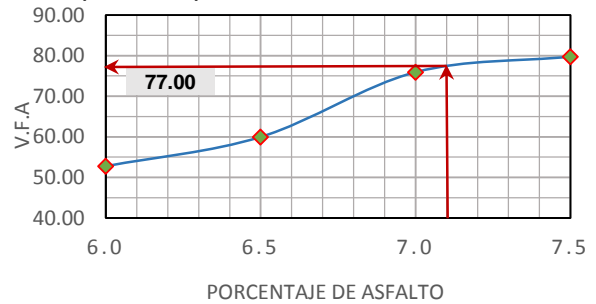
2. PESO ESP. NETO - PORCENTAJE DE ASFALTO



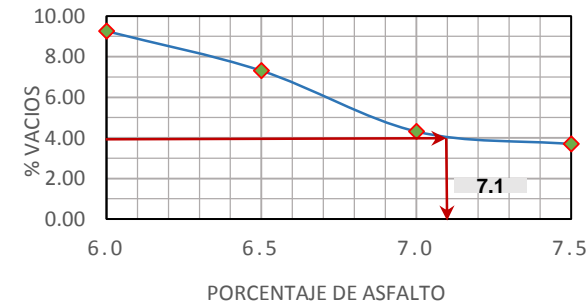
3. FLUJO - PORCENTAJE DE ASFALTO



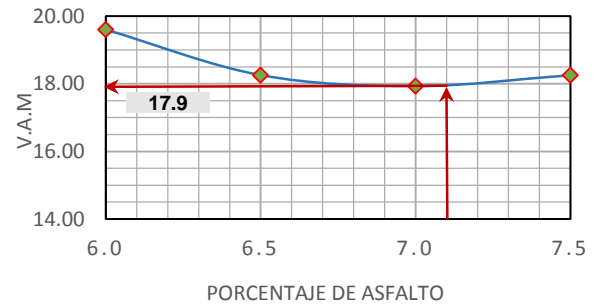
4. VFA (% de VAM) - PORCENTAJE DE ASFALTO



5. % VACIOS - PORCENTAJE DE ASFALTO



6. VAM - PORCENTAJE DE ASFALTO



7. PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

GRAFICA	% ASFALTO	LECTURA	OBSERVACIONES
1	7.10	3870.00	Norma >1800, punto máximo
2	7.10	2.17	Peso específico neto (Bulk) máximo
3	7.10	13.70	Norma 8-14
4	7.10	77.00	Norma 65-75
5	7.10	4.00	Norma 3-5
6	7.10	17.90	Norma mayor a 14
ASUMIDO:		7.10	

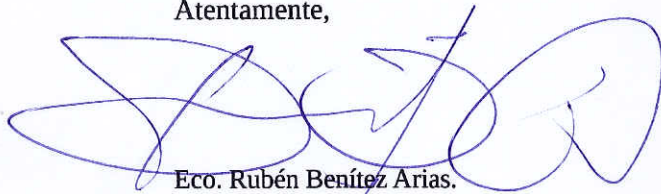
ANEXO

10

Cuenca, 17 de Julio de 2017

Quien suscribe, en calidad de Gerente General de la Empresa de Áridos y Asfaltos ASFALTAR E.P, autorizo al Ing. Francisco José Darquea Córdova, hacer uso de los resultados obtenidos en el Laboratorio de suelos y asfaltos de esta institución, en los ensayos y diseños de mezclas asfálticas por el método de Marshall con materiales provenientes de: 1) La reposición de las orillas del río Paute, 2) La mina de La Virginia ubicada en el cantón Paute y 3) La reposición de las orillas del río Jubones en el sector de Huascachaca del cantón Santa Isabel, para el desarrollo de su tesis de titulación para la Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte, a la vez que certifico que los resultados existentes en el mencionado trabajo de titulación son los obtenidos en el laboratorio de nuestra empresa.

Atentamente,



Eco. Rubén Benítez Arias.
GERENTE GENERAL
ASFALTAR E.P.

