



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE ÁRIDOS
PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADO BAJO
EL MÉTODO DE BRUCE MARSHALL

GOMEZ ROMERO JAIME VICENTE
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE
ÁRIDOS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA
ELABORADO BAJO EL MÉTODO DE BRUCE MARSHALL

GOMEZ ROMERO JAIME VICENTE
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE ÁRIDOS PARA EL
DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADO BAJO EL MÉTODO DE
BRUCE MARSHALL

GOMEZ ROMERO JAIME VICENTE
INGENIERO CIVIL

SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

MACHALA, 21 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
21 de febrero de 2022

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE ÁRIDOS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADO BAJO EL MÉTODO DE BRUCE MARSHALL

por Jaime Vicente Gomez Romero

Fecha de entrega: 11-feb-2022 06:40p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1760405237

Nombre del archivo: TRABAJO_PRACTICO_COMPLEXIVO-JAIME_VICENTE_GOMEZ_ROMERO_1.docx (3.38M)

Total de palabras: 5453

Total de caracteres: 26322

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, GOMEZ ROMERO JAIME VICENTE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE ÁRIDOS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADO BAJO EL MÉTODO DE BRUCE MARSHALL, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de febrero de 2022



GOMEZ ROMERO JAIME VICENTE
0703939017



UTMACH

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR
FRACCIONES DE ÁRIDOS PARA EL DISEÑO DE UNA
MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADO BAJO EL MÉTODO
DE BRUCE MARSHALL**

**GÓMEZ ROMERO JAIME VICENTE
INGENIERO CIVIL**

MACHALA

2022



UTMACH

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

EXAMEN COMPLEXIVO

**COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE
ÁRIDOS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA
ELABORADO BAJO EL MÉTODO DE BRUCE MARSHALL**

**GÓMEZ ROMERO JAIME VICENTE
INGENIERO CIVIL**

SÁNCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

MACHALA, 11 DE FEBRERO DEL 2022

**MACHALA
11 de febrero de 2022**

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE ÁRIDOS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADO BAJO EL MÉTODO DE BRUCE MARSHALL

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | www.slideshare.net Fuente de Internet | 2% |
| 2 | portal.amelica.org Fuente de Internet | 1% |
| 3 | myslide.es Fuente de Internet | 1% |
| 4 | inba.info Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.uniandes.edu.co Fuente de Internet | 1% |
| 6 | ri.uaq.mx Fuente de Internet | 1% |
| 7 | ri.ues.edu.sv Fuente de Internet | 1% |
| 8 | revistas.udem.edu.co Fuente de Internet | 1% |

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo



UTMACH

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
EXAMEN COMPLEXIVO**

**COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA POR FRACCIONES DE ÁRIDOS
PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADO BAJO EL
MÉTODO DE BRUCE MARSHALL**

**GÓMEZ ROMERO JAIME VICENTE
INGENIERO CIVIL**

**ING. CIVIL
SÁNCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO
TUTOR**

MACHALA 11 DE FEBRERO DEL 20

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Agradezco a mi Madre y a mi Padre (+), por su amor, trabajo y sacrificio que desde un inicio de la carrera me supieron brindar su apoyo incondicional supliéndome aconsejar y enrumbar por el camino correcto.

También agradezco a mi mujer y mi hija siendo ellos son el pilar fundamental para seguir adelante.

RESUMEN

La conservación del pavimento flexible es determinado en gran parte por la granulometría, de ahí la importancia de la selección de los áridos para que este no se deteriore antes de su vida útil y evitar problemas de ahuellamiento, agrietamiento y envejecimiento del pavimento flexible.

Analizando los resultados del informe de control de calidad realizado por el GADPEO se determina que la combinación granulométrica establecida bajo el método Marshall se obtiene que las fracciones de áridos están cumpliendo relaciones mínimas de diseño las cuales están dentro de las especificaciones de diseño para caminos y puentes elaborados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador MTOP (2002), esto también conlleva a que se realice constantes monitoreos de ensayos en los laboratorios especializados en pavimentos para las diferentes canteras proveedoras de los áridos y pétreos con el propósito de establecer materiales idóneos en las mezclas asfálticas.

Palabras Clave: pavimento flexible, granulometría, áridos, método Marshall, MTOP (2002).

ABSTRACT

The conservation of the flexible pavement is largely determined by the granulometry, hence the importance of the selection of the aggregates so that it does not deteriorate before its useful life and avoid problems of rutting, cracking and aging of the flexible pavement.

Analyzing the results of the quality control report carried out by GADPEO, it is determined that the granulometric combination established under the Marshall method shows that the aggregate fractions are complying with minimum design ratios, which are within design specifications for roads and bridges made by the Ministry of Transport and Public Works of Ecuador MTOP (2002), this also leads to constant monitoring of tests in laboratories specialized in pavements for the different quarries that supply aggregates and stone with the purpose of establishing suitable materials in the asphalt mixtures.

Keywords: flexible pavement, granulometry, aggregates, Marshall Method, MTOP (2002).

Índice

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| 1.1 IMPORTANCIA DEL TEMA..... | 7 |
| 1.2 ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA..... | 7 |
| 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO..... | 7 |
| 1.4 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO..... | 8 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN. | 9 |
| 1.6 OBJETIVOS | 9 |
| 2. DESARROLLO..... | 10 |
| 2.1 MARCO TEÓRICO..... | 10 |
| 2.1.1 ANTECEDENTES CONCEPTUALES Y REFERENCIALES..... | 10 |
| 2.1.2 ANTECEDENTES CONTEXTUALES..... | 10 |
| 2.2 MATERIALES Y MÉTODOS | 11 |
| 2.2.1 MÉTODO MARSHALL | 11 |
| 2.2.2 MATERIALES UTILIZADOS | 12 |
| 2.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 15 |
| 3. CONCLUSIONES..... | 20 |
| 4. RECOMENDACIONES | 20 |
| 5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS | 21 |
| ANEXOS | 24 |

1. INTRODUCCIÓN

Los agregados pétreos son el principal componente en el área de la construcción principalmente en lo que respecta a mezclas y combinaciones de agregados para pavimentos flexibles, es necesario saber que dichas composiciones y combinaciones tienen que cumplir normas de diseño y estándares de calidad, razón por la cual “el creciente tránsito vehicular y el porcentaje de vehículos pesados [1]” en nuestro país hace que realicen monitoreos constantes en laboratorios especializados en pavimentos con enfoque a la granulometría y la metodología a emplearse.

Para nuestro caso se considera la metodología de Bruce Marshall, en la cual “se utiliza para determinar las proporciones de los componentes de mezcla asfáltica con el objeto que tenga la calidad y las propiedades requeridas para ser utilizadas en una carretera [2]”.

Según la norma INEN-696 y la norma ASTM-C-136 cita que para el cumplimiento de esta se tiene que instaurar métodos de ensayo que establezca una estructura granulométrica de áridos, gruesos, medianos y finos por tamizado.

Con el fin de proporcionar adecuadamente una identificación en las combinaciones de agregados áridos fraccionantes en las mezclas asfálticas se debe tener en consideración la calidad del material las condiciones morfológicas, forma y tamaño de las partículas.

“Para caracterizar una forma de agregado grueso, se necesita información sobre las tres dimensiones de las partículas, la dimensión más grande (longitud), la dimensión intermedia (ancho), y la dimensión más pequeña (espesor). Las formas equivalentes son índices que se expresan en términos de tres dimensiones” [3], para los agregados de forma aplanada y alargadas no son considerados en una mezcla asfáltica ya que su forma no satisface los requerimientos, exigencias y especificación según la normativa a utilizar.

En resumen las formas cúbicas de los agregados son las óptimas para la elaboración y la conformación de la combinación granulométrica para una mezcla asfáltica, siendo la forma metamórfica del agregado la ideal, por sus aristas filamentosas poca relación de vacíos la que brindan mayor adherencia del material bituminoso o ligante asfáltico.

1.1 IMPORTANCIA DEL TEMA.

Son escasas las experiencias en el Ecuador en el tratamiento de materiales granulares, de ahí la necesidad de divulgar las investigaciones que muestren la efectividad de estas soluciones en la mejora del comportamiento de los materiales de pavimentos [4].

Para entender de cuan necesario es realizar las mezclas asfálticas y las combinaciones granulométricas en el diseño de pavimentos flexibles, se tomara como punto de partida las diferentes especificaciones que comprenden y se integran a estas como lo son la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) consecuentemente lo más común es saber que “la dosificación de los materiales y la tolerancia las cuales fueron determinadas de acuerdo con los valores de la Tabla 1, ver (ANEXO 1) , la cual es la recomendada por la especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes realizados (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2002” [5].

1.2 ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA

“Los pavimentos son usados y tienen una duración determinada, durante este periodo el desgaste ocurre de manera paulatina, por lo que es necesario observar que provoco este desgaste, como la vida útil, la mala calidad del material, el aumento de tránsito vehicular” [6].

“Por la baja calidad del ligante y por la necesidad de optimizar las inversiones, provoca que en algunos casos las propiedades de los asfaltos convencionales resultan insuficientes y no satisfacen las expectativas como para cumplir determinado período de servicio, es decir menor resistencia al envejecimiento, su poca durabilidad se refleja en deformaciones y fisuras dentro de una carpeta asfáltica; sin embargo estos problemas son causados además por la selección de materiales en los diseños, por el mal proceso de construcción, mantenimiento etc.” [7].

Para esto es que opta por realizar un análisis de estudios y ensayos que nos permitan obtener diseños en combinaciones de áridos y mezclas asfálticas.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO

Contextualización

“Los agregado son un componente dinámico dentro de las mezcla, aunque la variación en sus características pueden ocurrir también durante los procesos de explotación” [8], por

lo que en “pavimentación, el consumo de materiales es un gran obstáculo: algunos de ellos no son renovables” [9], causantes del “deterioro medioambiental que produce mediante el proceso de producción de las mezclas asfálticas, la disminución de recursos naturales no renovables”[10], hacen a que se busquen la “introducción de nuevas técnicas para devolver al pavimento sus estándares de funcionalidad” [10].

La granulometría permite conocer los rangos de tamaños de las partículas trituradas con miras a la obtención de agregados gruesos y/o finos, y determinar si cumplen con las especificaciones de tamaño requeridas según los ensayos normalizados [11].

Análisis Crítico

Como parte principal sabemos que los “el diseño de una mezcla asfáltica consiste básicamente en la selección del tipo y granulometría del agregado a emplear, y de la selección del tipo y contenido de asfalto.” [12] siendo el recubrimiento “las cuales están destinadas a resistir y compartir los esfuerzos impuestos por el tráfico” [13] así como también para darle permeabilidad y evitar que se erosione los agregados y áridos que conforman dicha mezcla asfáltica.

Unas de las características que se pueden analizar es la forma de las partículas la cual deben ser lo más cubicas posibles, con un mínimo de formas planas o trozos elongados consecuencia de la presencia de clivaje (división de del mineral bajo un efecto mecánico) cuando se somete al agregado a los aparatos de reducción de tamaño. Esta propiedad se evalúa determinando el cociente entre la dimensión máxima y la mínima en agregados gruesos [11].

Pregunta Científica

¿Cuál es el método para la combinación granulométrica de fracciones de áridos que sirvan para el diseño de una mezcla asfáltica?

1.4 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

Se diseña una granulometría de áridos de las partículas del material pétreo para mezclas asfálticas en caliente con la finalidad de que mediante su paso por tamices determinados sean las óptimas, para esto también es necesario adquirir el volumen o masa retenida definiendo la masa pasante y obteniendo el porcentaje total de los agregados, para así poder caracterizarlos las fracciones de áridos y obtener los gráficos y curvas

granulométricas que nos permita discernir criterios basados en combinaciones granulométricas por método de Marshall .

Espacial

Para análisis de granulometría de áridos se consideró los datos del estudio realizado por el Laboratorio de Geotecnia del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro de la planta “El Pedregal”. Anexo 1.

1.5 JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad el sistema vial del Ecuador está cubierto por el 70% de pavimento asfáltico “la cual tiene un consumo importante de recursos naturales; específicamente en la fabricación de mezclas asfálticas se emplean grandes cantidades de áridos” [14] y material granular, por ende es necesario realizar estudios y ensayos de “los vacíos en el agregado mineral (VAM),”[15], “existen valores mínimos para VMA (o VAM) los cuales están recomendados y especificados como función del tamaño del agregado. Estos valores se basan en el hecho de que cuanto más gruesa sea la película de asfalto que cubre las partículas de agregados, más duradera será la mezcla” [5] por otro lado “las exigencias del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2002) no establece los máximos a considerar, por ende, es erróneo afirmar que cuanto mayor sean los vacíos en agregados minerales (VAM) más espacio habrá disponible para las películas de asfalto” [5].

Para diseñar una mezcla primeramente se realizan estudios preliminares o exploratorios, es aconsejable comenzar con una graduación de agregados que se acerque a la media de los límites establecidos. Las mezclas de prueba iniciales sirven para establecer la fórmula de trabajo y verificar la graduación del agregado dentro de los límites especificados [16], “si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de que un criterio no cumpla, se necesitara hacer ajustes, o rediseñar la mezcla” [16], finalmente se empleara un método de combinación en granulometría que satisfaga las necesidades que requiere la mezcla para su elaboración final.

1.6 OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Elaborar un análisis de combinación de áridos mediante la granulometría para aplicación con el método Marshall.

Objetivos Específicos

- Fundamentar conceptualmente mediante un análisis el contenido de la combinación de áridos mediante la granulometría para la aplicación por el método Marshall.
- Analizar los resultados de la combinación de áridos mediante la combinación granulométrica para aplicación con el método Marshall.

2. DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 ANTECEDENTES CONCEPTUALES Y REFERENCIALES

El concepto del método Marshall para diseño de mezclas de pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, Ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El cuerpo de ingeniero de Estados Unidos a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoro y adiciono ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall y desarrollo un criterio de diseño de mezclas [17].

El método original de Marshall, solo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1”) o menor [17].

En la selección de la granulometría, “la metodología Marshall utiliza una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, en la cual en la ordenada se encuentra el porcentaje de material que pasa cierta malla, y en la abscisa las aberturas de las mallas en mm, graficadas en forma logarítmica” [17].

2.1.2 ANTECEDENTES CONTEXTUALES

“Se han realizado numerosos estudios de los efectos geomorfológicos de las extracciones de áridos” [18], así como ensayos de laboratorios sometiénolos al desgaste y la abrasión para determinar la resistencia al desgaste y obtener resultados de calidad de los agregados pétreos.

Los criterios de elaboración del método a emplearse son de carácter experimental ya que “utiliza especímenes de prueba estándar de una altura de 64 mm (2½”) y 102 mm (4”) de

diámetro. Se preparan mediante un procedimiento específico para calentar, mezclar y compactar mezclas de asfalto-agregado como lo indica en la ASTM D1559-89” [2]. Siguiendo estos criterios se escoge como ideal para un ensayo de mezclas asfálticas y combinaciones granulométricas de áridos la metodología de Marshall.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1 MÉTODO MARSHALL

En nuestro país las capas de rodadura de las vías pavimentadas se realizan mayoritariamente con mezclas asfálticas en caliente, siendo su principal método de diseño el del ensayo Marshall, mismo que fue desarrollado por el Ingeniero de Asfaltos Bruce Marshall en 1943, quien laboraba en el Departamento de Autopistas del Estado de Mississippi, Estados Unidos. En dicho año el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos evaluó y comparó varios métodos para el diseño y control de mezclas asfálticas, adoptando este método debido a que utilizaba equipo portátil, luego por medio de pruebas de tránsito y estudios de correlación se mejoraron y agregaron detalles al procedimiento del ensayo Marshall y se estableció como un criterio de diseño de mezclas. En este numeral se realizará una breve descripción del diseño Marshall de mezclas, tomando como referencia la norma ASTM D1559 [19].

2.2.1.1 Procedimiento

- a) A partir de los resultados del ensayo de granulometría realizado a una fracción de árido en laboratorio determinar el porcentaje que pasa por cada tamiz y graficarlo para su respectivo análisis y así poder caracterizar dicha fracción de árido.
- b) Partiendo de la granulometría de las fracciones establecidas en la normativa que se presenta en las tablas brindadas como datos.
- c) Seleccionar dos o tres áridos, siempre empleando tamaños gruesos y finos. Análisis Granulométrico GADPEO. Anexo 1.
- d) Graficar cada una de las fracciones seleccionadas.
- e) Seleccionar el tipo de mezcla a diseñar, a partir de las mezclas definidas en la que se brinda como dato. Análisis Granulométrico GADPEO. Anexo 1.
- f) Combinar las fracciones de áridos, determinando los porcentajes a combinar de cada fracción garantizando que se cumplan con los requisitos granulométricos (banda de diseño) establecido de la mezcla seleccionada.

- g) Graficar la combinación granulométrica obtenida, así como las franjas (banda de diseño) de la mezcla seleccionada.

2.2.2 MATERIALES UTILIZADOS

2.2.2.1 Pavimento

“El asfalto natural se define como una sustancia sólida combinada con materiales pétreos, material arenoso y fino, de distintos tamaños y formas, que presenta una consistencia viscosa y su punto de fusión empieza desde los 110 grados centígrados; tiene su origen de varios yacimientos de rocas asfálticas, por lo general calizas, areniscas y gravas conglomeradas impregnadas de asfalto natural, las cuales favorecen la fabricación de mezclas asfálticas porque al combinarse con agregados permite ligar de manera óptima la asfáltica con el agregado permitiendo ser empleadas en las regiones como componentes de pavimentos de carreteras (Berry & Reid,1993)” [20].

2.2.2.2 Agregados Pétreos

Son los agregados los que contribuyen a la dureza de mezcla asfáltica, “por lo general, los agregados pétreos conforman más del 90 % y del 75 % de la masa y del volumen de mezclas asfálticas, respectivamente” [21].

Regularmente se extraen las rocas de las canteras para luego procesarlas en fracciones de áridos las cuales conforman el agregado principal para la granulometría de los pavimentos flexibles

2.2.2.3 Mezcla Asfáltica en Caliente

Para B. Yoo, D. Park, and H. Viet, “HMA es una mezcla de agregado mineral y aglutinante bituminoso” [22].

Una mezcla asfáltica se define como una combinación de cemento asfáltico (ligante) y agregados pétreos en proporciones establecidas mediante un diseño según las características de cada elemento [19].

Los componentes que conforman la mezcla asfáltica deben tener la calidad suficiente para que el pavimento funcione de manera adecuada, pues cada uno de ellos afecta directamente a todo el conjunto, de ahí la importancia del control de calidad de cada elemento [19].

El cemento asfáltico junto con el agregados forman una mezcla asfáltica teniendo en consideración las proporciones que determinen su cantidad y calidad.

2.2.2.4 Agregados Utilizados en la Combinación Granulométrica de una Mezcla Asfáltica

El agregado influye directamente en el comportamiento del pavimento ya que proporciona la mayoría de las características de la capacidad portante, por lo que debe cumplir con las propiedades descritas en los literales siguientes:

- Se toma para el ensayo de granulometría grava triturada de ¾” y ½” y polvo de roca de la cantera San Agustín mientras que la arena se la extrae de las canteras del Rio Jubones (Iberia) para la determinación del contenido óptimo de asfalto, datos proporcionados por el Laboratorio de control de Calidad para Mezclas Asfálticas de la Planta Continua “El Pedregal” del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (ANEXO 1).

2.2.2.5 Ligante asfáltico

El ligante asfáltico es el que le da cohesión entre las partículas de áridos fraccionantes, impermeabilidad, resistencia y durabilidad, para este caso se utilizó un porcentaje de bitumen en mezcla asfáltica de %CA de 5.5. (Tabla 1)

2.2.2.6 Agregados Utilizados en el Diseño de la Mezcla Asfáltica.

Las proporciones de agregados utilizados en el ensayo por el control de Calidad para Mezclas Asfálticas de la Planta Continua “El Pedregal” del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro se dan en el siguiente cuadro:

| MATERIAL | DOSIFICACIÓN (%) | CONTENIDO DE ASFALTO (EXTRACCIÓN),%CA |
|-----------------------------|-------------------------|--|
| Triturado ¾” | 14 | 5.5 |
| Triturado ½” | 38 | |
| Polvo de roca | 31 | |
| Arena de rio Jubones | 17 | |
| Total | 100 | |

Tabla 1 - Fuente Laboratorio de Control de Calidad del GADPEO

2.2.2.7 Análisis granulométricos de los agregados

Se procede al análisis de granulometría de los áridos obtenidos de las canteras de San Agustín y Rio Jubones (Iberia) la cual se detalla en el siguiente cuadro.

| Tamiz | Cant.Retén. Parcial | Cant.Retén. Acumulada | % Retenido | % Que Pasa | % Especifici. Franja 1/2" MTOP-2002 |
|--------|---------------------|-----------------------|------------|------------|-------------------------------------|
| 1" | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| 3/4" | 0.00 | 8.50 | 0.6 | 99.4 | 100 |
| 1/2" | 0.00 | 165.80 | 11.7 | 88.3 | 90 - 100 |
| N° 4 | 0.00 | 811.50 | 57.0 | 43.0 | 44 - 74 |
| N° 8 | 0.00 | 974.10 | 68.5 | 31.5 | 28 - 58 |
| N° 50 | 0.00 | 1202.00 | 84.5 | 15.5 | 5 - 21 |
| N° 200 | 0.00 | 1366.40 | 96.1 | 3.9 | 2 - 1 |
| Fondo | 0.00 | 1422.50 | 100.0 | 0.0 | - |
| Total | 0.00 | 1422.50 | - | - | - |

Tabla 2 - Fuente Laboratorio de Control de Calidad del GADPEO

La dosificación de los materiales y la tolerancia fueron determinadas y recomendada por las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes realizados (Ministerio de Transportes y Obras Públicas del Ecuador, 2002) [5]. Ver Anexo 2.

2.2.2.8 Franja Granulométrica

Como dato inicial “para la realización del ensayo de granulometría y de fragmentación se emplearon tres fracciones de áridos” [23], con estos datos fueron obtenidos de la (Tabla 2) en la cual se elabora la franja granulométrica para la combinación de una mezcla asfáltica.

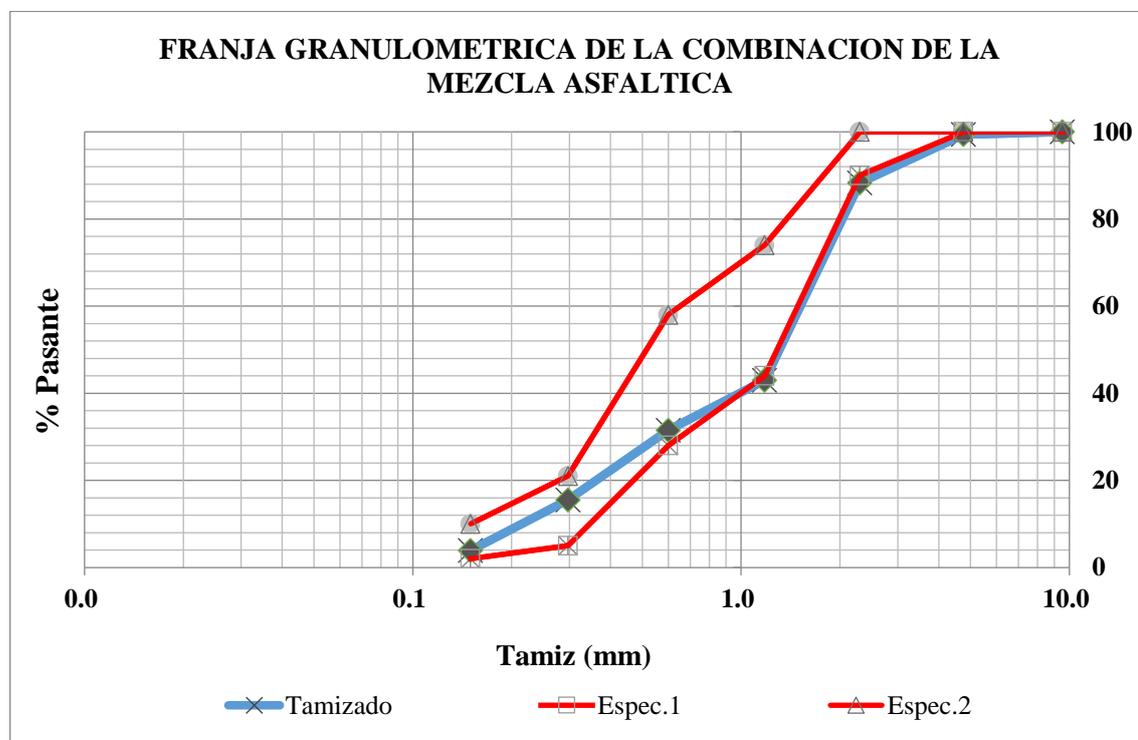


Fig. 1 - Fuente Laboratorio de Control de Calidad del GADPEO

Las líneas rojas significan los límites de diseño valorizados en milímetros según el tamiz que se esté utilizando, mientras que la línea azul es la fórmula de trabajo que se empleó en dicha combinación granulométrica para esto se realizó el análisis mecánico de extracción de agregados de una mezcla bituminosa según la NORMA AASTHO T-30-78. “Con los resultados obtenidos y aplicando los porcentajes aportantes para cada uno de los agregados, se obtiene la curva granulométrica correspondiente a la fórmula de trabajo en obra como se observa en la Figura 1” [2].

2.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se elabora el cálculo de las combinaciones de dos agregados bajo el método analítico por medio de iteraciones para una faja de diseño de 1/2" MTOP-2002, según los datos proporcionados por el GADPEO.

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE DOS AGREGADOS

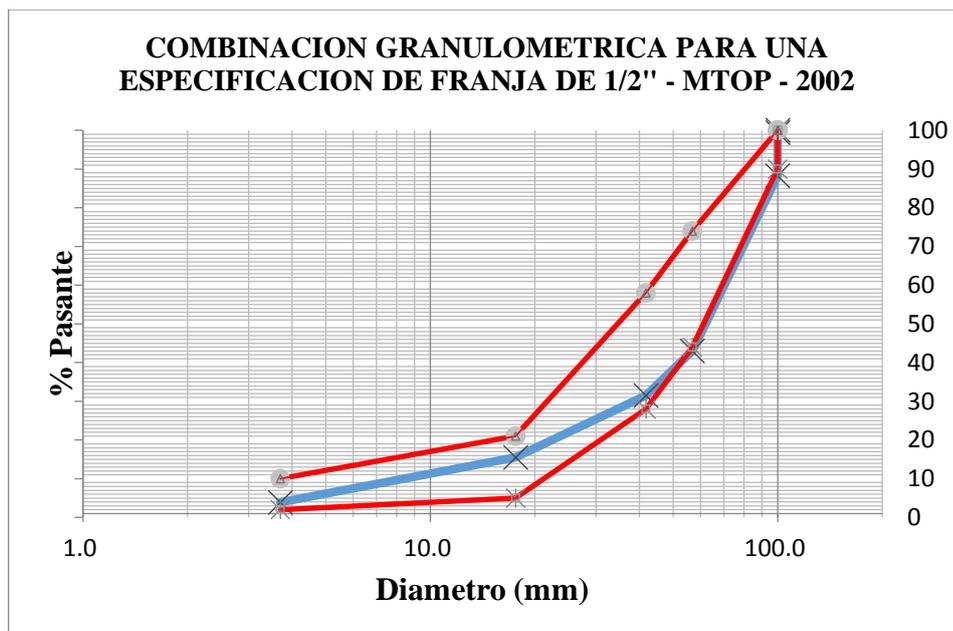
1ra ITERACIÓN - MÉTODO ANALÍTICO

| TAMIZ | % QUE PASA | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 1" | 3/4" | 1/2" | N°4 | N°8 | N°50 | N°200 |
| AGREGADO 1/2" | 100.00 | 99.97 | 99.77 | 30.8 | 9.48 | 4.92 | 2.31 |
| ARENA DE RIO | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.33 | 92.15 | 37.37 | 5.88 |
| ESPECIFICACIÓN FRANJA DE 1/2" MTOP-2002 | 100 | 100 | 90 | 44 | 28 | 5 | 2 |
| | 100 | 100 | 100 | 74 | 58 | 21 | 10 |

| 1ra ITERACIÓN | CONSIDERO TAMIZ N°4 | |
|---------------------------------------|------------------------|-----|
| FORMULAS | | |
| $a = 1 - b$ | 0.58 | 58% |
| $b = (P - A)/(B - A)$ | 0.42 | 42% |
| $P = (\text{Mat A} + \text{Mat B})/2$ | 59.00 | 59% |

VER TABLA DE COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA Anexo 3

| PRIMERA ITERACIÓN | | | | | | | |
|--|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TAMIZ | PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | |
| | 1" | 3/4" | 1/2" | N°4 | N°8 | N°50 | N°200 |
| A*a | 57.61 | 57.60 | 57.48 | 17.74 | 5.46 | 2.83 | 1.33 |
| B*b | 42.39 | 42.39 | 42.39 | 41.26 | 39.06 | 15.84 | 2.49 |
| COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA | 100.00 | 99.98 | 99.87 | 59.00 | 44.52 | 18.67 | 3.82 |
| | OK | PAR | OK | OK | OK | OK | OK |
| ESPECIFICACIÓN FRANJA DE 1/2" MTOP- 2002 | 100 | 100 | 90 | 44 | 28 | 5 | 2 |
| | 100 | 100 | 100 | 74 | 58 | 21 | 10 |



**COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE DOS AGREGADOS
2da ITERACIÓN - MÉTODO ANALÍTICO**

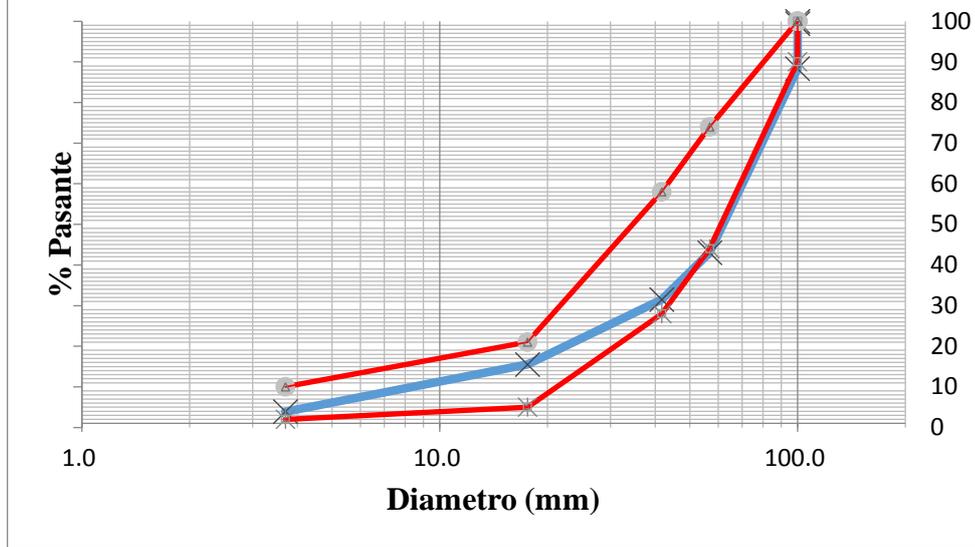
| TAMIZ | % QUE PASA | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 1" | 3/4" | 1/2" | N°4 | N°8 | N°50 | N°200 |
| AGREGADO 1/2" | 100.00 | 99.97 | 99.77 | 30.8 | 9.48 | 4.92 | 2.31 |
| ARENA DE RIO | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.33 | 92.15 | 37.37 | 5.88 |
| ESPECIFICACIÓN FRANJA DE 1/2" MTOP-2002 | 100 | 100 | 90 | 44 | 28 | 5 | 2 |
| | 100 | 100 | 100 | 74 | 58 | 21 | 10 |

| 2da ITERACIÓN | CONSIDERO TAMIZ N°8 | |
|---------------------------------------|---------------------|-----|
| FORMULAS | | |
| $a = 1 - b$ | 0.59 | 59% |
| $b = (P - A)/(B - A)$ | 0.41 | 41% |
| $P = (\text{Mat A} + \text{Mat B})/2$ | 43.00 | 43% |

VER TABLA DE COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA Anexo 4

| SEGUNDA ITERACIÓN | | | | | | | |
|---|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TAMIZ | PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | |
| | 1" | 3/4" | 1/2" | N°4 | N°8 | N°50 | N°200 |
| A*a | 59.45 | 59.44 | 59.32 | 18.31 | 5.64 | 2.93 | 1.37 |
| B*b | 40.55 | 40.55 | 40.55 | 39.46 | 37.36 | 15.15 | 2.38 |
| COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA | 100.00 | 99.98 | 99.86 | 57.78 | 43.00 | 18.08 | 3.76 |
| | OK | PAR | OK | OK | OK | OK | OK |
| ESPECIFICACIÓN FRANJA DE 1/2" MTOP-2002 | 100 | 100 | 90 | 44 | 28 | 5 | 2 |
| | 100 | 100 | 100 | 74 | 58 | 21 | 10 |

**COMBINACION GRANULOMETRICA PARA UNA
ESPECIFICACION DE FRANJA DE 1/2" - MTOP -
2002**

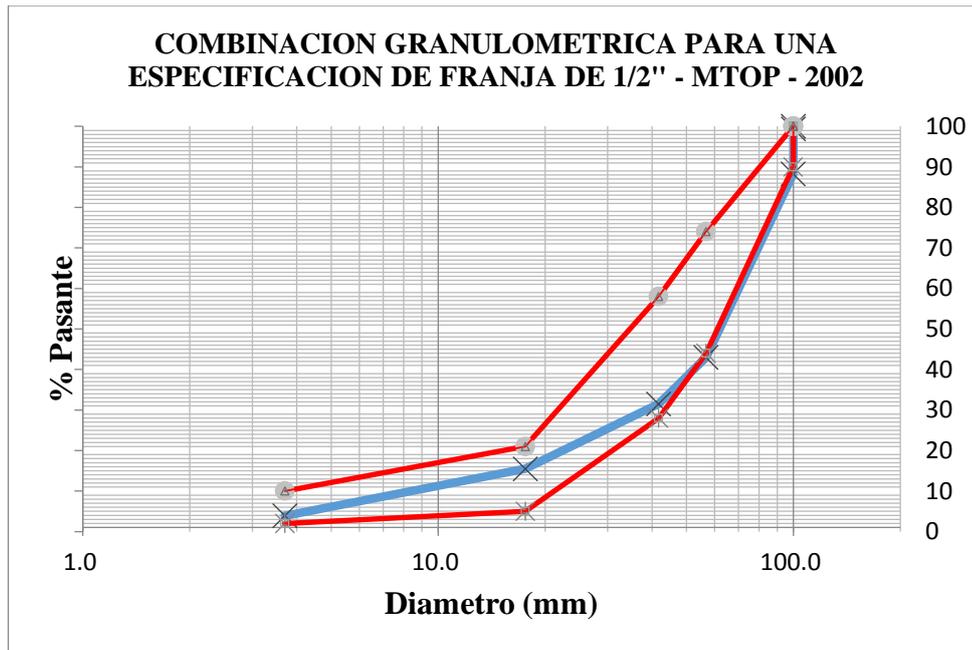


**COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE DOS AGREGADOS
TANTEO - MÉTODO ANALÍTICO**

| TAMIZ | % QUE PASA | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 1" | 3/4" | 1/2" | N°4 | N°8 | N°50 | N°200 |
| AGREGADO 1/2" | 100.00 | 99.97 | 99.77 | 30.8 | 9.48 | 4.92 | 2.31 |
| ARENA DE RIO | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.33 | 92.15 | 37.37 | 5.88 |
| ESPECIFICACIÓN FRANJA DE 1/2" MTOP-2002 | 100 | 100 | 90 | 44 | 28 | 5 | 2 |
| | 100 | 100 | 100 | 74 | 58 | 21 | 10 |

| ITERACIÓN POR TANTEO | CONSIDERO TANTEO | |
|---------------------------------------|------------------|-----|
| FORMULAS | | |
| $a = 1 - b$ | 0.61 | 61% |
| $b = (P - A)/(B - A)$ | 0.39 | 39% |
| $P = (\text{Mat A} + \text{Mat B})/2$ | 43.00 | 43% |

| PRIMERA ITERACIÓN POR TANTEO | | | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TAMIZ | % QUE PASA | | | | | | |
| | 1" | 3/4" | 1/2" | N°4 | N°8 | N°50 | N°200 |
| A*a | 61.00 | 60.98 | 60.86 | 18.79 | 5.78 | 3.00 | 1.41 |
| B*b | 39.00 | 39.00 | 39.00 | 37.96 | 35.94 | 14.57 | 2.29 |
| COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA | 100.00 | 99.98 | 99.86 | 56.75 | 41.72 | 17.58 | 3.70 |
| | OK | PAR | OK | OK | OK | OK | OK |
| ESPECIFICACIÓN FRANJA DE 1/2" MTOP-2002 | 100 | 100 | 90 | 44 | 28 | 5 | 2 |
| | 100 | 100 | 100 | 74 | 58 | 21 | 10 |



Combinación óptima por tener menos agregado fino que pasa por el tamiz N°50

| TAMIZ (mm) | | % PASANTE DE LAS GRANULOMETRÍAS DE LA NORMA 1/2" MTOP-2002 | | PORCENTAJE QUE PASA POR CADA FRACCIÓN DE ÁRIDO | | COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA |
|------------|-------|--|--------|--|------------|----------------------------|
| | | MÍNIMO | MÁXIMO | AGREGADO A | AGREGADO B | |
| 1" | 25.4 | 100 | 100 | 61.00 | 39.00 | 100 |
| 3/4" | 19.1 | 100 | 100 | 60.98 | 39.00 | 99.98 |
| 1/2" | 12.5 | 90 | 100 | 60.86 | 39.00 | 99.86 |
| N° 4 | 4.76 | 44 | 74 | 18.79 | 37.96 | 56.75 |
| N° 8 | 2.36 | 25 | 58 | 5.78 | 35.94 | 41.72 |
| N° 50 | 0.297 | 5 | 21 | 3.00 | 14.57 | 17.57 |
| N° 200 | 0.075 | 2 | 10 | 1.41 | 3.70 | 5.11 |

| CUADRO DE ITERACIONES POR EL MÉTODO ANALÍTICO | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| PRIMERA ITERACIÓN | | | | | | | |
| A*a | 57.61 | 57.6 | 57.48 | 17.74 | 5.46 | 2.83 | 1.33 |
| B*b | 42.39 | 42.39 | 42.39 | 41.26 | 39.06 | 15.84 | 2.49 |
| COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA | 100 | 99.98 | 99.87 | 59 | 44.52 | 18.67 | 3.82 |
| | OK | PAR | OK | OK | OK | OK | OK |
| SEGUNDA ITERACIÓN | | | | | | | |
| A*a | 59.45 | 59.44 | 59.32 | 18.31 | 5.64 | 2.93 | 1.37 |
| B*b | 40.55 | 40.55 | 40.55 | 39.46 | 37.36 | 15.15 | 2.38 |
| COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA | 100 | 99.98 | 99.86 | 57.78 | 43 | 18.08 | 3.76 |
| | OK | PAR | OK | OK | OK | OK | OK |

| TERCERA ITERACIÓN POR TANTEO | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| A*a | 61 | 60.98 | 60.86 | 18.79 | 5.78 | 3 | 1.41 |
| B*b | 39 | 39 | 39 | 37.96 | 35.94 | 14.57 | 2.29 |
| COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA | 100 | 99.98 | 99.86 | 56.75 | 41.72 | 17.58 | 3.7 |
| | OK | PAR | OK | OK | OK | OK | OK |

3. CONCLUSIONES

- Mediante el método analítico de la combinación de dos agregados se estableció que la combinación óptima para una franja de diseño de ½” según la norma MTOP-2002 nos da como resultados en sus proporciones: Agregado de ½” en un 61% y Arena de Río en un 39%.
- El material predominante en la combinación granulométrica óptima de dos agregados por el método analítico por tanteo es la Grava Triturada de ½”.
- Siempre se deberá combinar granulométricamente un agregado fino y uno agregado grueso.

4. RECOMENDACIONES

- Se deben realizar ensayos y combinaciones de áridos granulométricos por distintos métodos al ya usado típicamente en nuestro medio, para así tener fiabilidad de comparar sus agregados que pasan y se retiene por las distintos tamices o mallas.
- Se deben realizar varias iteraciones hasta obtener la combinación granulométrica que este dentro de las especificaciones empleadas.

5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Leiva, F, Pérez, E, Aguiar, J, & Loría, L. (2017). Modelo de deformación permanente para la evaluación del estado del pavimento. *Revista ingeniería de construcción*, 32 (1) ,37-46.
- [2] E. H. Ortiz Hernández, E. H. Ortiz Moncayo, and L. K. Macías Sánchez, “*COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL Y EL USO DE POLÍMEROS EN LA CARRETERA TOSAGUA*”, *uct*, no. 1, p. 8, Apr. 2019.
- [3] SILVA, Danillo de Almeida. GEYER, André Luiz Bortolacci. Influencia de la forma del árido grueso en las propiedades mecánicas del hormigón. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo de Conocimiento*. Año 03, Ed. 12, Vol. 05, pp. 67-82 diciembre 2018. ISSN: 2448-0959.
- [4] Eduardo Tejeda Piusseaut, M. Isabel Zambrano Mesa, Anadelys Alonso Aenlle. *Infraestructura Vial*, ISSN 1409-4045, ISSN-e 2215-3705, Vol. 22, Nº. 39, 2020 (Ejemplar dedicado a: Issue 39, July-November 2020), págs. 29-42.
- [5] Navarrete Schettini, Gabriel Antonio (2019). Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómero) y de vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador. *Industrial Data*, 22(1) ,23-30.ISSN: 1560-9146.
- [6] NASCIMENTO, Beatriz Almeida. SOUZA, Thays Gomes de. LIMA, Livia Ramos. Estudio del uso de una mezcla de material fresado con aditivo rejuvenecedor como alternativa a la sustitución de la capa de apoyo y/o hombro: Análisis de un tramo de la BR-324. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo de Conocimiento*. Año 05, Ed. 11, Vol. 06, pp. 64-90. Noviembre de 2020. ISSN: 2448-0959.
- [7] Ortiz Hernández, E. H., Ortiz Moncayo, E. H., & Macías Sánchez, L. K. (2019). *COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL Y EL USO DE POLÍMEROS EN LA CARRETERA TOSAGUA*. *Universidad Ciencia Y Tecnología*, (1), 8.

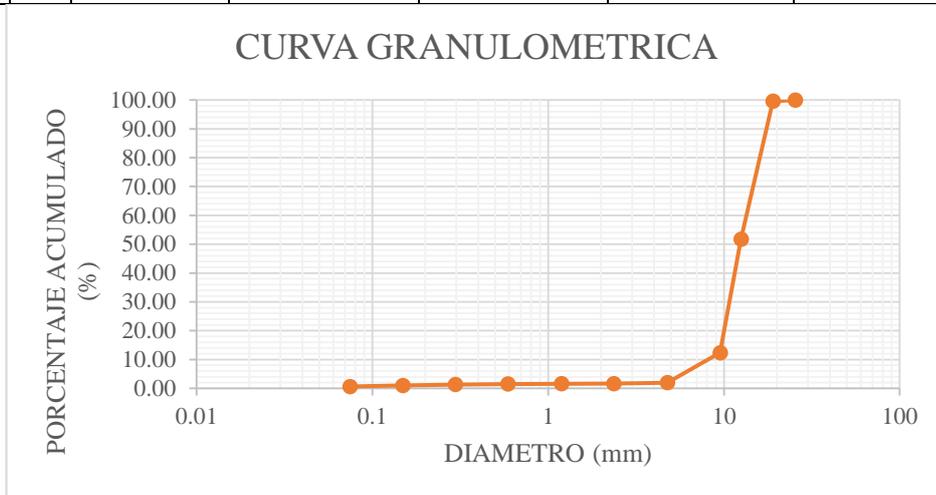
- [8] Chan Yam, José Luis, & Solís Carcaño, Rómel, & Moreno, Éric Iván (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7(2), 39-46.
- [9] SILVA, Marcos Vinicius Dias da. SANTOS, Rafaella Oliveira Guimaraes. Uso de materiales alternativos en capas de pavimento asfáltico: un análisis bibliográfico. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo de Conocimiento*. Año 06, Ed. 05, Vol. 06, pp. 67-82. Mayo 2021. ISSN: 2448-0959
- [10] Morales Fournier, Jessika, & Alonso Aenlle, Anadelys, & Moll Martínez, Reynier, & López Quintana, Oslay (2019). Influencia del ensayo de fragmentación en la combinación granulométrica de las mezclas asfálticas con aumento de material fresado de los pavimentos.. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13 (2) ,1-11.
- [11] Cosentino, José M., Sota, Jorge D., & Avid, Fabián A.. (2011). Forma y tamaño de las partículas y su incidencia en el resultado del Método de Ensayo ASTM C-1260. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 3(1), 14-24.
- [12] Sandoval Huerta, Paul Alejandro (2016). *Análisis de mezclas asfálticas recicladas en caliente bajo los parámetros de los ensayos de TSR, módulo dinámico y energía de fractura* [Tesis de nivel maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Civil. Maestría en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías Terrestres]. Repositorio Institucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3109.
- [13] Pérez León, J. F., & Ramirez Leyva, J. K. (2018). EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA AV. LOS TRÉBOLES–DISTRITO DE CHICLAYO–PROVINCIA DE CHICLAYO-DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE.
- [14] Acosta Alvarez, Debora & Moll Martínez, Reynier & González Guerra, Grace (2017). Influencia de la utilización del RCD como árido en mezclas asfálticas en caliente.. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 11 (1) ,1-14.

- [15] Cárdenas Orduz, D. A. y Pérez Buitrago, G. (2016). Influencia del empaquetamiento granular en el módulo resiliente de las mezclas asfálticas en caliente. *Ingenio Magno*, 7(2), 25-42.
- [16] Garnica P, Delgado H, Gómez J A, Alonso S., Alarcón H A, Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas, Publicación técnica No 246, Instituto Mexicano del Transporte (2004).
- [17] Garnica P, Delgado H, Sandoval C, Análisis Comparativo de los Métodos Marshall y Superpave para Compactación de Mezclas Asfálticas, Publicación técnica No 246, Instituto Mexicano del Transporte (2005).
- [18] Cuadernos de investigación geográfica / Geographical Research Letters, ISSN 0211-6820, ISSN-e 1697-9540, N° 44, 2, 2018, págs. 641-658.
- [19] SIGUENZA, CRISTIAN ANTONIO FLORES. FACULTAD DE INGENIERÍA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN VIALIDAD Y TRANSPORTES. 2017. Tesis Doctoral. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- [20] Ruiz-Acero, J.C., Reyes-Ortiz, O.J., & Moreno-Anselmi, L.A. (2016). Evaluación del comportamiento mecánico del asfalto natural a partir de muestras a temperatura ambiente provenientes de Caquetá, Colombia. *Rev.investig.desarro.innov*, 6(2), 145-154.
- [21] Rondón Quintana, HA, Muniz de Farias, M., & Reyes Lizcano, FA (2018). Uso de Escoria de Alto Horno y Acero en Mezclas Asfálticas: Revisión. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 17 (33), 71-97.
- [22] Byung-Soo Yoo, Dae-Wook Park, Hai Viet Vo, Evaluation of Asphalt Mixture Containing Coal Ash, *Transportation Research Procedia*, Volume 14, 2016, Pages 797-803, ISSN 2352-1465.
- [23] Fournier, J. M., Aenlle, A. A., Martínez, R. M., & Quintana, O. L. (2019). Influencia del ensayo de fragmentación en la combinación granulométrica de las mezclas asfálticas con adición de material fresado de los pavimentos. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(2), 1-11.

ANEXO

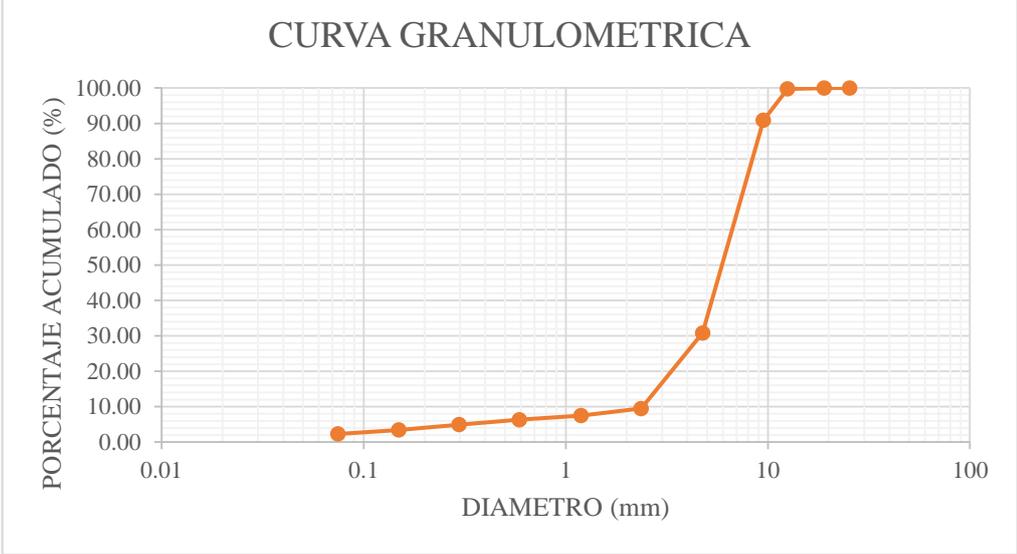
Anexo 1

| CANTERA: SAN AGUSTÍN | | | | | | | |
|------------------------------|------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----|
| MATERIAL: GRAVA TRITURADA ¾" | | | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | |
| TAMIZ | | CANTIDAD RETENIDA PARCIAL | CANTIDAD RETENIDA ACUMULADA | CANTIDAD QUE PASA ACUMULADA | PORCENTAJE | | OBS |
| N° | mm | | | | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| | 75 | 0 | - | | | | |
| | 63 | 0 | - | | | | |
| | 50 | 0 | - | | | | |
| | 45.3 | 0 | - | | | | |
| | 37.5 | 0 | - | | | | |
| | 31.5 | 0 | - | | | | |
| | 25.4 | 0 | 0.00 | 4342.20 | 0 | 100.00 | |
| | 19 | 0 | 16.60 | 4325.60 | 0.38 | 99.62 | |
| | 12.5 | 0 | 2096.20 | 2246.00 | 48.28 | 51.72 | |
| | 9.5 | 0 | 3806.90 | 535.30 | 87.67 | 12.33 | |
| | 6.3 | 0 | - | - | - | - | |
| 4 | 4.76 | 0 | 4257.20 | 85.00 | 98.04 | 1.96 | |
| 8 | 2.36 | 0.0 | 4271.50 | 70.70 | 98.37 | 1.63 | |
| 10 | 2 | 0 | - | - | - | - | |
| 16 | 1.19 | 0 | 4274.40 | 67.80 | 98.44 | 1.56 | |
| 20 | 850 | 0 | - | - | - | - | |
| 30 | 600 | 0 | 4278.10 | 64.10 | 98.52 | 1.48 | |
| 40 | 425 | 0 | - | - | - | - | |
| 50 | 300 | 0 | 4284.70 | 57.50 | 98.68 | 1.32 | |
| 80 | 180 | 0 | - | - | - | - | |
| 100 | 150 | 0 | 4299.20 | 43.00 | 99.01 | 0.99 | |
| 200 | 75 | 0 | 4314.90 | 27.30 | 99.37 | 0.63 | |
| FONDO | | 0.0 | 4342.20 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | |
| TOTAL | | 4342.2 | | | | | |



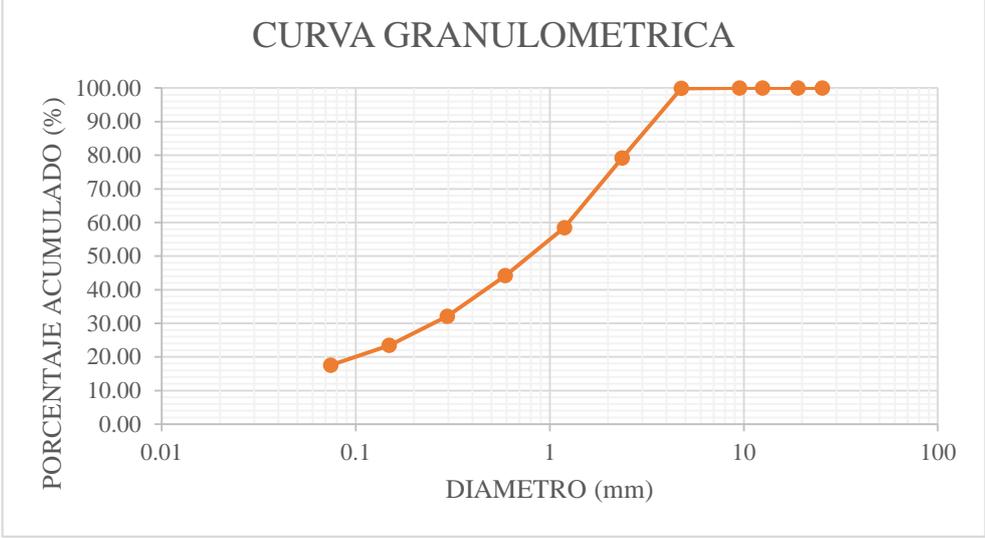
FUENTE GADPEO

| CANTERA: SAN AGUSTÍN | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----|
| MATERIAL: GRAVA TRITURADA ½” | | | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | |
| TAMIZ | | CANTIDAD RETENIDA PARCIAL | CANTIDAD RETENIDA ACUMULADA | CANTIDAD QUE PASA ACUMULADA | PORCENTAJE | | OBS |
| Nº | mm | | | | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| | 75 | 0 | - | | | | |
| | 63 | 0 | - | | | | |
| | 50 | 0 | - | | | | |
| | 45.3 | 0 | - | | | | |
| | 37.5 | 0 | - | | | | |
| | 31.5 | 0 | - | | | | |
| | 25.4 | 0 | 0.00 | 4801.50 | 0 | 100.00 | |
| | 19 | 0 | 1.60 | 4799.90 | 0.03 | 99.97 | |
| | 12.5 | 0 | 11.20 | 4790.30 | 0.23 | 99.77 | |
| | 9.5 | 0 | 438.20 | 4363.30 | 9.13 | 90.87 | |
| | 6.3 | 0 | - | - | - | - | |
| 4 | 4.76 | 0 | 3322.60 | 1478.90 | 69.20 | 30.80 | |
| 8 | 2.36 | 0.0 | 4346.20 | 455.30 | 90.52 | 9.48 | |
| 10 | 2 | 0 | - | - | - | - | |
| 16 | 1.19 | 0 | 4441.90 | 359.60 | 92.51 | 7.49 | |
| 20 | 850 ml | 0 | - | - | - | - | |
| 30 | 600 | 0 | 4498.20 | 303.30 | 93.68 | 6.32 | |
| 40 | 425 | 0 | - | - | - | - | |
| 50 | 300 | 0 | 4565.20 | 236.30 | 95.08 | 4.92 | |
| 80 | 180 | 0 | - | - | - | - | |
| 100 | 150 | 0 | 4636.10 | 165.40 | 96.56 | 3.44 | |
| 200 | 75 | 0 | 4690.80 | 110.70 | 97.69 | 2.31 | |
| FONDO | | 0.0 | 4801.50 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | |
| TOTAL | | 4801.50 | | | | | |



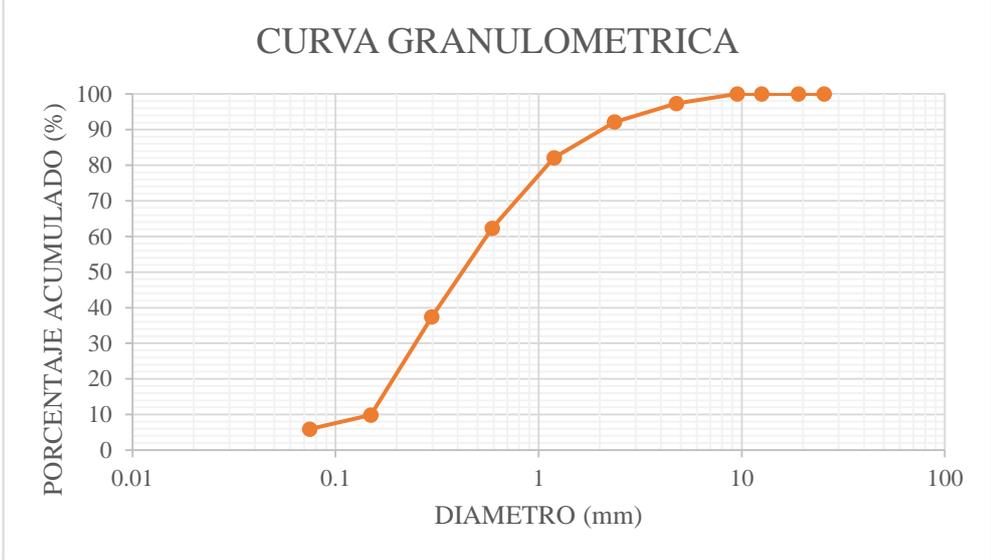
FUENTE GADPEO

| CANTERA: SAN AGUSTÍN | | | | | | | |
|-------------------------|--------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----|
| MATERIAL: POLVO DE ROCA | | | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | |
| TAMIZ | | CANTIDAD RETENIDA PARCIAL | CANTIDAD RETENIDA ACUMULADA | CANTIDAD QUE PASA ACUMULADA | PORCENTAJE | | OBS |
| Nº | mm | | | | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| | 75 | 0 | - | | | | |
| | 63 | 0 | - | | | | |
| | 50 | 0 | - | | | | |
| | 45.3 | 0 | - | | | | |
| | 37.5 | 0 | - | | | | |
| | 31.5 | 0 | - | | | | |
| | 25.4 | 0 | 0.00 | 1953.90 | 0 | 100.00 | |
| | 19 | 0 | 0.00 | 1953.90 | 0.00 | 100.00 | |
| | 12.5 | 0 | 0.00 | 1953.90 | 0.00 | 100.00 | |
| | 9.5 | 0 | 0.00 | 1953.90 | 0.00 | 100.00 | |
| | 6.3 | 0 | - | - | - | - | |
| 4 | 4.76 | 0 | 1.50 | 1952.40 | 0.08 | 99.92 | |
| 8 | 2.36 | 0.0 | 406.40 | 1547.50 | 20.80 | 79.20 | |
| 10 | 2 | 0 | - | - | - | - | |
| 16 | 1.19 | 0 | 811.40 | 1142.50 | 41.53 | 58.47 | |
| 20 | 850 ml | 0 | - | - | - | - | |
| 30 | 600 | 0 | 1091.00 | 862.90 | 55.84 | 44.16 | |
| 40 | 425 | 0 | - | - | - | - | |
| 50 | 300 | 0 | 1326.70 | 627.20 | 67.90 | 32.10 | |
| 80 | 180 | 0 | - | - | - | - | |
| 100 | 150 | 0 | 1496.00 | 457.90 | 76.56 | 23.44 | |
| 200 | 75 | 0 | 1611.00 | 342.90 | 82.45 | 17.55 | |
| FONDO | | 0.0 | 1953.90 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | |
| TOTAL | | 1953.90 | | | | | |



FUENTE GADPEO

| CANTERA: LA IBERIA | | | | | | | |
|-------------------------|--------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----|
| MATERIAL: ARENA DE RIO | | | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | |
| TAMIZ | | CANTIDAD RETENIDA PARCIAL | CANTIDAD RETENIDA ACUMULADA | CANTIDAD QUE PASA ACUMULADA | PORCENTAJE | | OBS |
| Nº | mm | | | | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| | 75 | 0 | - | | | | |
| | 63 | 0 | - | | | | |
| | 50 | 0 | - | | | | |
| | 45.3 | 0 | - | | | | |
| | 37.5 | 0 | - | | | | |
| | 31.5 | 0 | - | | | | |
| | 25.4 | 0 | 0.00 | 1901.70 | 0 | 100.00 | |
| | 19 | 0 | 0.00 | 1901.70 | 0.00 | 100.00 | |
| | 12.5 | 0 | 0.00 | 1901.70 | 0.00 | 100.00 | |
| | 9.5 | 0 | 0.00 | 1901.70 | 0.00 | 100.00 | |
| | 6.3 | 0 | - | - | - | - | |
| 4 | 4.76 | 0 | 50.70 | 1851.00 | 2.67 | 97.33 | |
| 8 | 2.36 | 0.0 | 149.20 | 1752.50 | 7.85 | 92.15 | |
| 10 | 2 | 0 | - | - | - | - | |
| 16 | 1.19 | 0 | 340.70 | 1561.00 | 17.92 | 82.08 | |
| 20 | 850 ml | 0 | - | - | - | - | |
| 30 | 600 | 0 | 717.00 | 1184.70 | 37.70 | 62.30 | |
| 40 | 425 | 0 | - | - | - | - | |
| 50 | 300 | 0 | 1191.10 | 710.60 | 62.63 | 37.37 | |
| 80 | 180 | 0 | - | - | - | - | |
| 100 | 150 | 0 | 1714.60 | 187.10 | 90.16 | 9.84 | |
| 200 | 75 | 0 | 1789.90 | 111.80 | 94.12 | 5.88 | |
| FONDO | | 0.0 | 1901.70 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | |
| TOTAL | | 1901.70 | | | | | |



FUENTE GADPEO

Anexo 2

FAJA DE DISEÑO – MTOP - 2002

| ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES | | | | |
|---|---|----------|----------|----------|
| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada | | | |
| | N° 3/4 | N° 1/2 | N° 3/8 | N° 4 |
| N° 1" (25.4 mm) | 100 | - | - | - |
| N° 3/4 (19.0 mm) | 90 - 100 | 100 | - | - |
| N° 1/2 (12.7 mm) | - | 90 - 100 | 100 | - |
| N° 3/8 (9.50 mm) | 56 - 80 | - | 90 - 100 | 100 |
| N° 4 (4.75 mm) | 35 - 65 | 44 - 74 | 55 - 85 | 80 - 100 |
| N° 8 (2.36 mm) | 23 - 49 | 28 - 58 | 32 - 67 | 65 - 100 |
| N° 16 (1.18 mm) | - | - | - | 40 - 80 |
| N° 30 (0.60 mm) | - | - | - | 25 - 65 |
| N° 50 (0.30 mm) | 5 - 19 | 5 - 21 | 7 - 23 | 7 - 40 |
| N° 100 (0.15 mm) | - | - | - | 3 - 20 |
| N° 200 (0.075 mm) | 2 - 8 | 2 - 10 | 2 - 10 | 2 - 10 |

FUENTE MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS DEL ECUADOR (2002)

Anexo 3

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LA 1ra ITERACIÓN

| TAMIZ (mm) | | % PASANTE DE LAS GRANULOMETRÍAS DE LA NORMA 1/2" MTOP-2002 | | PORCENTAJE QUE PASA POR CADA FRACCIÓN DE ÁRIDO | | COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA |
|------------|-------|--|--------|--|------------|----------------------------|
| | | MÍNIMO | MÁXIMO | AGREGADO A | AGREGADO B | |
| 1" | 25.4 | 100 | 100 | 57.61 | 42.39 | 100 |
| 3/4" | 19.1 | 100 | 100 | 57.6 | 42.39 | 99.99 |
| 1/2" | 12.5 | 90 | 100 | 57.48 | 42.39 | 99.87 |
| N° 4 | 4.76 | 44 | 74 | 17.74 | 41.26 | 59 |
| N° 8 | 2.36 | 25 | 58 | 5.46 | 39.06 | 44.52 |
| N° 50 | 0.297 | 5 | 21 | 2.83 | 15.84 | 18.67 |
| N° 200 | 0.075 | 2 | 10 | 1.33 | 2.49 | 3.82 |

Anexo 4

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LA 2da ITERACIÓN

| TAMIZ (mm) | | % PASANTE DE LAS GRANULOMETRÍAS DE LA NORMA 1/2" MTOP-2002 | | PORCENTAJE QUE PASA POR CADA FRACCIÓN DE ÁRIDO | | COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA |
|------------|-------|--|--------|--|------------|----------------------------|
| | | MÍNIMO | MÁXIMO | AGREGADO A | AGREGADO B | % |
| 1" | 25.4 | 100 | 100 | 59.45 | 40.55 | 100.00 |
| 3/4" | 19.1 | 100 | 100 | 59.44 | 40.55 | 99.99 |
| 1/2" | 12.5 | 90 | 100 | 59.32 | 40.55 | 99.87 |
| N° 4 | 4.76 | 44 | 74 | 18.31 | 39.46 | 57.77 |
| N° 8 | 2.36 | 25 | 58 | 5.64 | 37.36 | 43.00 |
| N° 50 | 0.297 | 5 | 21 | 2.93 | 15.15 | 18.08 |
| N° 200 | 0.075 | 2 | 10 | 1.37 | 2.38 | 3.75 |