

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO MASCARILLAS  
QUIRÚRGICAS DESECHABLES COMO MATERIAL CONSTITUTIVO**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Autora:

Doménica Belén Noboa Cucalón

Tutor:

Ing. Vladimir Pazmiño, Mgs

**Riobamba – Ecuador 2022**

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

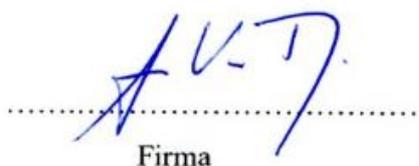
Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO MASCARILLAS QUIRÚRGICAS DESECHABLES COMO MATERIAL CONSTITUTIVO”**, presentado por: **Doménica Belén Noboa Cucalón** y dirigida por: Ing. Vladimir Pazmiño Chiluiza. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo. Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Vladimir Pazmiño. Mgs  
Tutor del Proyecto



Firma

Ing. Víctor García, PhD.  
Miembro del Tribunal



Firma

Ing. Jorge Núñez, MSc.  
Miembro del Tribunal



Firma

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Vladimir Pazmiño Chiluita MSc**, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: **“DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO MASCARILLAS QUIRÚRGICAS DESECHABLES COMO MATERIAL CONSTITUTIVO”**, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la señorita; **Doménica Belén Noboa Cucalón**, para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente;

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Vladimir Pazmiño', is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Vladimir Pazmiño, Mgs

Tutor de Tesis

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Doménica Belén Noboa Cucalón, con cédula de ciudadanía 060426246-9, autora del trabajo de investigación titulado: ***“Diseño de una mezcla asfáltica adicionando mascarillas quirúrgicas desechables como material constitutivo”***, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha de su presentación.



Srta. Doménica Noboa

C.I. 0604262469

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios en primer lugar, gracias por darme sabiduría, por darme su amor incondicional y su misericordia por tener el control de toda mi vida y nunca dejarme donde quiera que vaya. A mis padres y hermanos por tanto amor y apoyo durante este ciclo que ha concluido, también a la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirme las puertas para formarme como profesional

Ingeniero Vladimir Pazmiño gracias por su apoyo, paciencia y ánimo incondicional para poder culminar este proyecto y a todas mis amistades que de una y otra forma me apoyaron siempre, gracias por nunca soltarme.

*Doménica Belén Noboa Cucalón*

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo es dedicado para toda mi familia en especial a mis padres Paco y Gladys que son el ancla, el cable a tierra en mi vida y quienes gracias a su apoyo y motivación logramos cumplir esta meta, a mis hermanos Heidy y Gustavo que son mi alegría y compañía en mi diario vivir y lo han sido en mi vida universitaria.

Abuelitos queridos Olga, Enrique y Yolanda este trabajo también es para ustedes que con sus consejos sabios y oraciones al cielo he logrado superar todo obstáculo en mi vida.

A mis tíos por esas palabras de aliento y apoyo para culminar la carrera y a todos mis amigos que siempre han estado para mí en todo momento muchas gracias.

*Doménica Belén Noboa Cucalón*

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	5
DEDICATORIA .....	6
ÍNDICE GENERAL.....	7
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
ÍNDICE DE TABLAS .....	12
RESUMEN.....	14
ABSTRACT .....	15
CAPITULO I.....	16
INTRODUCCIÓN .....	16
OBJETIVOS .....	17
Objetivo General .....	17
Objetivos Específicos.....	17
CAPITULO II. ....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Esqueleto Mineral .....	18
2.2 Ligante bituminoso.....	19
2.2.1 Propiedades físicas mecánicas para asfalto o ligantes asfálticos basados en las normas ASTM .....	20
2.3 Caracterización de las mascarillas quirúrgicas desechables.....	21
2.3.1 Composición de las mascarillas quirúrgicas .....	22
2.3.1 Polipropileno (PP).....	22
2.4 Método de Diseño de la Mezcla Asfáltica.....	24
2.4.1 Ensayo Marshall.....	24
2.4.2 Flujo Marshall .....	24
2.4.3 Estabilidad Marshall.....	24
2.4.4 Requisitos Marshall para mezcla asfáltica en caliente .....	24
2.5 Mezclas asfálticas en caliente .....	25
2.6 Propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas .....	25
2.6.1 Durabilidad.....	25
2.6.1 Adhesión .....	26
2.6.2 Envejecimiento o endurecimiento .....	26
2.7 Propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas compactadas .....	26
2.7.1 Porcentaje de Vacíos de aire (% Va).....	26
2.7.2 Vacíos del agregado mineral (% VAM).....	26

2.7.3 Gravedad Específica Bulk (Gsb).....	27
2.7.4 Gravedad Específica Máxima Medida (Gmm) .....	27
2.8 Mezclas asfálticas modificadas .....	27
2.8.1 Implementación de las mascarillas quirúrgicas como agregado .....	27
2.8.2 Implementación de las mascarillas quirúrgicas por vía húmeda .....	28
CAPITULO III. ....	28
METODOLOGÍA .....	28
3.1 Diagrama Metodológico.....	29
3.2 Descripción metodológica.....	29
CAPITULO IV. ....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 Resultados de ensayos para agregados pétreos .....	30
4.1.1 Granulometría .....	30
4.1.2 Peso específico y absorción.....	31
4.1.3 Masa unitaria del árido.....	32
4.1.4 Contenido de Humedad árido fino y grueso.....	32
4.1.5 Límite plástico.....	32
4.1.6 Abrasión agregado grueso.....	32
4.1.7 Partículas alargadas y achatadas .....	33
4.1.8 Caras fracturadas .....	33
4.2 Ensayos realizados al ligante bituminoso.....	33
4.3 Diseño de la mezcla asfáltica convencional. ....	34
4.3.1 Diseño de la estructura óptima .....	34
4.3.2 Ensayo Marshall Estabilidad y Flujo .....	35
4.3.3 Resultado del porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos de los minerales.....	35
4.4 Diseño de la mezcla asfáltica modificada con mascarilla quirúrgica.....	35
4.4.1 HMA usando mascarillas por vía seca .....	35
4.4.2 HMA modificada por vía húmeda.....	39
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
CONCLUSIONES .....	43
RECOMENDACIONES .....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
ANEXOS.....	47

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- **HMA:** Mezcla Asfáltica en caliente
- **COVIPAL:** Constructora Oviedo Palacios
- **MOP:** Ministerio de Obras Públicas
- **INEN:** Norma Técnica Ecuatoriana
- **INV-E:** Instituto Nacional de Vías
- **NEVI:** Norma Ecuatoriana Vial
- **ASTM:** American Society for Testing and Materials
- **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials
- **Gsb:** Gravedad Específica Bulk
- **%Va:** Porcentaje de Vacíos de aire
- **%VAM:** Vacíos del Agregado Mineral
- **Gmm:** Gravedad Específica Máxima Medida
- **BFE:** Eficacia de filtración bacteriana
- **TNT:** Tela No Tejida
- **UNE:** Una Norma Española
- **PP:** Polipropileno

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Agregados minerales .....	18
Figura 2 Mascarilla quirúrgica .....	21
Figura 3 Estructura del polipropileno .....	23
Figura 4 Mezcla en caliente.....	25
Figura 5 Viscosidad vs. Temperatura .....	25
Figura 6 Incorporación mascarilla vía seca .....	28
Figura 7 Incorporación de mascarilla vía húmeda.....	27
Figura 8 Metodología .....	29
Figura 9 Granulometría .....	30
Figura 10 Faja granulométrica ¾” de la mezcla total.....	31
Figura 11 Estabilidad vs. % de mascarillas vía seca .....	38
Figura 12 % VAM vs. % de mascarillas vía seca.....	38
Figura 13 % Vacíos vs. % de mascarillas vía seca.....	39
Figura 14 Estabilidad vs. % de mascarillas vía húmeda .....	41
Figura 15 % VAM vs. % de mascarillas vía húmeda.....	42
Figura 16 de % Vacíos vs. % de mascarillas vía húmeda .....	42
Figura 17 Granulometría agregado ¾” .....	47
Figura 18 Granulometría agregado 3/8” .....	48
Figura 19 Granulometría agregado fino arena.....	49
Figura 20 Granulometría mascarillas quirúrgicas .....	50
Figura 21 Propiedades del ligante bituminoso .....	51
Figura 22 Dosificación de Planta.....	52
Figura 23 Ensayo de angularidad .....	55
Figura 24 Mascarillas para vía seca.....	59
Figura 25 Mascarilla para vía húmeda .....	59
Figura 26 Modificación del ligante .....	60
Figura 27 Mezcla convencional.....	60
Figura 28 Mezcla con mascarillas vía seca .....	61
Figura 29 Energía de compactación .....	61
Figura 30 Información de las muestras compactadas .....	62
Figura 31 Densidad de BULK.....	62

Figura 32 Briquetas de HMA .....	63
Figura 33 Preparación de briquetas .....	63
Figura 34 Estabilidad y fluencia Marshall.....	64
Figura 35 Mezcla asfáltica control .....	64
Figura 36 Ensayo de gravedad máxima medida.....	72
Figura 37 Ensayo del VAM.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Ensayos para agregados pétreos finos y gruesos</i> .....	18
<b>Tabla 2</b> <i>Especificaciones dadas por las normas MOP-001F-2002 E INEN</i> .....	19
<b>Tabla 3</b> <i>Ensayos para ligante asfáltico AC-20</i> .....	20
<b>Tabla 4</b> <i>Propiedades físicas para asfaltos basados en las normas ASTM</i> .....	20
<b>Tabla 5</b> <i>Características de las mascarillas</i> .....	21
<b>Tabla 6</b> <i>Propiedades físicas del polipropileno</i> .....	23
<b>Tabla 7</b> <i>Requisitos ensayo Marshall</i> .....	24
<b>Tabla 8</b> <i>Valores de % de vacíos del agregado mineral</i> .....	26
<b>Tabla 9</b> <i>Granulometría de los agregados pétreos y mascarilla</i> .....	30
<b>Tabla 10</b> <i>Faja granulométrica ¾”</i> .....	31
<b>Tabla 11</b> <i>Ensayo de peso específico y absorción de los agregados pétreos</i> .....	32
<b>Tabla 12</b> <i>Ensayo de masa unitaria de los agregados</i> .....	32
<b>Tabla 13</b> <i>Contenido de Humedad de los áridos</i> .....	32
<b>Tabla 14</b> <i>Abrasión del agregado grueso</i> .....	32
<b>Tabla 15</b> <i>Ensayo partículas alargadas y achatadas</i> .....	33
<b>Tabla 16</b> <i>Ensayo de caras fracturadas</i> .....	33
<b>Tabla 17</b> <i>Propiedades del ligante asfáltico</i> .....	33
<b>Tabla 18</b> <i>Dosificación para mezcla asfáltica de control</i> .....	34
<b>Tabla 19</b> <i>Estabilidad y flujo de las briquetas con dosificación convencional</i> .....	35
<b>Tabla 20</b> <i>% de vacíos, % VAM y Gsb de la dosificación convencional</i> .....	35
<b>Tabla 21</b> <i>Dosificación para mezcla asfáltica modificada al 6% de mascarilla como agregado</i> .....	36
<b>Tabla 22</b> <i>Dosificación para mezcla asfáltica modificada al 10% de mascarilla como agregado</i> .....	36
<b>Tabla 23</b> <i>Dosificación para mezcla asfáltica modificada al 15% de mascarilla como agregado</i> .....	36
<b>Tabla 24</b> <i>Resultados de estabilidad y flujo de las briquetas con mascarillas quirúrgicas como agregado</i> .....	37
<b>Tabla 25</b> <i>% de vacíos, % VAM y Gsb de la dosificación modificada como agregado</i> .....	37
<b>Tabla 26</b> <i>Dosificación para mezcla asfáltica modificada vía húmeda al 1% de mascarilla</i> .....	39
<b>Tabla 27</b> <i>Dosificación para mezcla asfáltica modificada vía húmeda al 1.5% de mascarilla</i> .....	40
<b>Tabla 28</b> <i>Dosificación para mezcla asfáltica modificada vía húmeda al 2% de mascarilla</i> .....	40
<b>Tabla 29</b> <i>Estabilidad y flujo de la HMA modificada vía húmeda</i> .....	40
<b>Tabla 30</b> <i>% de vacíos, % VAM y Gsb de la dosificación modificada por vía húmeda</i> .....	41
<b>Tabla 31</b> <i>Granulometría agregado ¾”</i> .....	47
<b>Tabla 32</b> <i>Granulometría agregado 3/8”</i> .....	48
<b>Tabla 33</b> <i>Granulometría agregado fino arena</i> .....	49

<b>Tabla 34</b> <i>Granulometría mascarilla quirúrgica</i> .....	50
<b>Tabla 35</b> <i>Peso específico agregado fino</i> .....	53
<b>Tabla 36</b> <i>Peso específico agregado grueso 3/8"</i> .....	54
<b>Tabla 37</b> <i>Peso específico agregado grueso 3/4"</i> .....	54
<b>Tabla 38</b> <i>Abrasión de los agregados</i> .....	55
<b>Tabla 39</b> <i>Mezcla asfáltica de control</i> .....	56
<b>Tabla 40</b> <i>Briquetas mezcla modificada mascarillas como agregado al 6%</i> .....	56
<b>Tabla 41</b> <i>Briquetas mezcla modificada mascarillas como agregado al 10%</i> .....	57
<b>Tabla 42</b> <i>Briquetas mezcla modificada mascarillas como agregado al 15%</i> .....	57
<b>Tabla 43</b> <i>Briquetas mezcla modificada vía húmeda al 1%</i> .....	58
<b>Tabla 44</b> <i>Briquetas mezcla modificada vía húmeda al 1.5%</i> .....	58
<b>Tabla 45</b> <i>Briquetas mezcla modificada vía húmeda al 2%</i> .....	58
<b>Tabla 46</b> <i>% VAM de las briquetas con mezclas convencional</i> .....	65
<b>Tabla 47</b> <i>% VAM de las briquetas modificadas como agregado al 6%</i> .....	66
<b>Tabla 48</b> <i>% VAM de las briquetas modificadas como agregado al 10%</i> .....	67
<b>Tabla 49</b> <i>% VAM de las briquetas modificadas como agregado al 15%</i> .....	68
<b>Tabla 50</b> <i>% VAM briquetas modificadas por vía húmeda al 1%</i> .....	69
<b>Tabla 51</b> <i>% VAM briquetas modificadas por vía húmeda al 1.5%</i> .....	70
<b>Tabla 52</b> <i>% VAM briquetas modificadas por vía húmeda al 2%</i> .....	71
<b>Tabla 53</b> <i>% Va de las briquetas con mezclas convencional</i> .....	73
<b>Tabla 54</b> <i>% Va de las briquetas modificadas como agregado al 6%</i> .....	73
<b>Tabla 55</b> <i>% Va de las briquetas modificadas como agregado al 10%</i> .....	74
<b>Tabla 56</b> <i>% Va de las briquetas modificadas como agregado al 15%</i> .....	74
<b>Tabla 57</b> <i>% Va de las briquetas modificadas por vía húmeda al 1%</i> .....	75
<b>Tabla 58</b> <i>% Va de las briquetas modificadas por vía húmeda al 1.5%</i> .....	75
<b>Tabla 59</b> <i>% Va de las briquetas modificadas por vía húmeda al 2%</i> .....	76

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es incluir los desechos de las mascarillas quirúrgicas las mismas que fueron producto del uso durante la pandemia como nuevo material constitutivo para mezclas asfálticas en el ámbito de la construcción.

Los materiales usados para el desarrollo de esta investigación como los agregados pétreos y asfalto AC-20 fueron facilitados por la empresa Covipal y se utilizaron para la realización de la mezcla convencional y modificada, esta última mezcla se realizó por dos métodos el primero por vía seca en la cual se trituro manualmente las mascarillas quirúrgicas incorporándolas como agregado y el segundo por vía húmeda donde fueron molidas y agregadas al ligante asfáltico, una vez obtenido las muestras se ensayaron mediante el Método Marshall para obtener los valores de estabilidad y flujo, adicionalmente se realizaron los ensayos para obtener el % de vacíos. En base a estos resultados se hizo una comparación de los valores obtenidos.

Los resultados de la investigación muestran que al incluir las mascarillas quirúrgicas desechables por vía seca se incrementa 3 veces más la estabilidad de la mezcla, en cambio por vía humedad sus valores son semejantes sin mostrar ninguna mejora, con respecto al flujo se redujo de 14.6 pulgadas/100 que era el máximo de la mezcla convencional al 5.7 pulgadas/100.

Al incluir las mascarillas quirúrgicas en las mezclas asfálticas mejoró una de sus propiedades mecánicas como es la estabilidad, pero los valores del flujo y el porcentaje de vacíos no llegan a cumplir con los valores dados por la norma.

**Palabras clave:** Mezclas asfálticas, mezclas modificadas, asfalto, estabilidad, flujo, Ensayo Marshall.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to include the waste from surgical masks that were used during the pandemic as a new constituent material for asphalt mixtures in the construction field.

The materials used for the development of this research, such as stone aggregates and AC-20 asphalt, were provided by Covipal company and were used in making the conventional and modified mix, This last mixture was made by two methods, the first by dry method in which the surgical masks were manually crushed and incorporated as aggregate and the second by wet method where they were ground and added to the asphalt binder, once the samples were obtained they were tested by Marshall Method to obtain stability and flow values, additionally the tests were carried out to obtain the % of voids. Based on these results, a comparison of the values obtained was done.

The results of the research show that by including the disposable surgical masks in the dry method, the stability of the mixture increased 3 times more, while in the wet method the values are similar without showing any improvement, with respect to the flow, it was reduced from 14.6 inches/100 which was the maximum of the conventional mixture to 5.7 inches/100.

The inclusion of surgical masks in the asphalt mixes improved one of its mechanical properties such as stability, but the values of flow and percentage of voids did not meet the values given by the standard.

**Key words:** Asphalt mixtures, modified mixtures, asphalt, stability, flow, Marshall test.

## **CAPITULO I.**

### **INTRODUCCIÓN**

La pandemia del coronavirus (COVID-19) dada desde diciembre 2019 a nivel mundial, pero desde marzo del 2020 en Ecuador no solo ha traído con ella una crisis de salud mundial, y económica, sino que también una gran contaminación para el ambiente. El método de protección más usado son las mascarillas quirúrgicas desechables personales en cada actividad diaria.

Uno de los materiales que compone mayoritariamente las mascarillas quirúrgicas desechables es el polipropileno que es un material plástico y muy utilizado en el mundo, pero tiene un eslabón muy grande que no beneficia al ambiente.

En Ecuador se ha reportado estudios previos de cómo integrar plásticos de polipropileno en mezclas asfálticas, pero existe una gran incógnita de cómo estas mascarillas quirúrgicas desechables se pueden integrar en el sector de la construcción y así poder reducir el impacto ambiental negativo generado por estos desechos.

Según estudios previos se ha integrado mascarillas quirúrgicas desechables en pavimentos, en la siguiente investigación se plantea la posibilidad de implementar estos desechos en mezclas asfálticas como material constitutivo utilizando agregado de la zona, presentando así una alternativa para poder integrarlos en el ámbito de la construcción y comprobar si esta incorporación mejora o no sus propiedades mediante los ensayos y procedimientos establecidos por las normas utilizadas en nuestro país.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar una mezcla asfáltica en caliente con agregados locales adicionando mascarillas quirúrgicas desechables como material constitutivo.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar que tipo de desechos plásticos son las mascarillas quirúrgicas desechadas.
- Determinar la forma de incorporación de los desechos de las mascarillas en una mezcla asfáltica en caliente.
- Analizar el efecto que tienen los desechos de las mascarillas quirúrgicas en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas por medio de pruebas de laboratorio.
- Realizar el análisis comparativo entre una mezcla asfáltica tradicional y la mezcla asfáltica adicionando las mascarillas quirúrgicas.

## CAPITULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Esqueleto Mineral

Los agregados son materiales pétreos provenientes de fuentes naturales y de procesos de trituración. Para la realización de esta investigación las mezclas asfálticas están constituidas con el 95% de su masa con 3 tipos de agregados, 2 tipos de agregados gruesos que son el 3/4" y el 3/8" y como agregado fino arena de rio triturado, dichos materiales son provenientes directamente de la cantera de cerro negro de la ciudad de Riobamba (Figura 1).

La selección de estos materiales es muy importante por lo cual se realizaron los ensayos correspondientes a los agregados para así validar que estos cumplan con todas las normas (Tabla 1) ya que la calidad de un buen agregado influye en las propiedades de la mezcla asfáltica.



*Figura 1 Agregados minerales  
Fuente: (Noboa, 2022)*

**Tabla 1** *Ensayos para agregados pétreos finos y gruesos*

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>
Granulometría	INEN-696, 2011
Peso Específico y Absorción de árido Fino	INEN-856, 2010
Peso Específico y Absorción de árido Grueso	INEN-857, 2010
Masa Unitaria del árido	INEN-858, 2010
Contenido de Humedad del árido Fino	INEN-859, 2010
Abrasión	INEN-860, 2011
Contenido de Humedad del árido Grueso	INEN-862, 2011
Partículas alargadas y achatadas	ASTM D-4791, 2005
Caras fracturadas	ASTM D-5821, 2005

## 2.2 Ligante bituminoso

El asfalto o ligante bituminoso es un líquido viscoso formado por moléculas de carbono e hidrógeno que vendrían hacer los hidrocarburos, contiene diferentes grupos de compuestos químicos que se clasifican como saturados (S), aromáticos (A), resinas (R) y asfaltenos (A), en una proporción tal que conforman un material viscoso comúnmente utilizado como cementante en mezclas de concreto asfáltico para la construcción de carreteras (Reyes, Daza, & Rondón, 2012).

Los asfaltos de petróleo pueden tener base asfáltica o base parafínica, los de base asfáltica son los que poseen mejores características para su empleo en pavimentación por sus propiedades ligantes y de resistencia a la meteorización. El asfalto se usa en pavimentación para unir entre si las partículas de agregados y protegerlas de la humedad (Fonseca, 2002).

Para la realización de esta investigación se utilizó el asfalto AC-20. Dicho asfalto debe cumplir con las especificaciones dadas por las normas MOP-001F-2002 (Tabla 2) y cumplir con los todos los ensayos dados por las normas como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 2** Especificaciones dadas por las normas MOP-001F-2002 E INEN

ENSAYOS	60-70		85-100	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
<b>Betún original</b>				
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
Ductibilidad (25 °C, 5cm/minuto), cm	100	-----	100	-----
Contenido de agua (en volumen) %	-----	0.2	-----	0.2
Solubilidad en Tricloroetileno, %	99	-----	99	-----
Punto de inflamación, Copa de 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
<b>Ensayo al residuo del TFOT:</b>				
Variación de masa, %	-----	0.8	-----	1.0
Penetración, % de penetración original	54	-----	50	-----
Ductibilidad, cm	50	-----	75	-----
Resistencia al endurecimiento (***)	-----	5.0	-----	5.0

*Nota:* Tomado de (MOP-001F, 2002)

**Tabla 3** *Ensayos para ligante asfáltico AC-20*

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>
Penetración	ASTM DS-97, 2006
Punto de Inflamación	I.N.V.E, 709, 2007

### 2.2.1 Propiedades físicas mecánicas para asfalto o ligantes asfálticos basados en las normas ASTM

En la siguiente tabla 4 podemos ver las propiedades que deben ser tomadas en cuenta y cumplir con los parámetros dados en las normas para el asfalto correspondiente que se usara.

**Tabla 4** *Propiedades físicas para asfaltos basados en las normas ASTM*

<b>Propiedades</b>	<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Ductibilidad	AASHTO T51, ASTM D 113	Este ensayo consiste en colocar una muestra o patrón en un baño de ductilidad a 25 °C, para después en medir el alargamiento elástico en porcentaje de la deformación con una velocidad de alargamiento de 5cm/min $\pm$ 5%, antes de la ruptura (>100cm).
Penetración	AASHTO T 49, ASTM D5	Este ensayo determina el grado de consistencia del asfalto mediante un penetrómetro, una aguja normalizada, un cronometro y un recipiente con cemento asfáltico, el cual debe estar a una temperatura de referencia de 25°C, este último debe ser penetrado tres veces por un tiempo de cinco segundos.
Punto de Ablandamiento	AASHTO T 53 ASTM D 36	Se realiza este ensayo con el propósito de tomar la temperatura necesaria del asfalto que necesita para ablandarse el cual está en un rango de 48° a 57°C, y así ver la fluidez y resistencia del asfalto, esto también se considera como una prueba de viscosidad.
Punto de Inflamación	AASHTO T 48 ASTM D 92	El fin de este ensayo es el de reconocer la temperatura en el que asfalto puede ser transportado y almacenado en tanques sin peligro de que se inflame y saber hasta que temperatura se inflama o enciende el asfalto.
Peso Específico	AASHTO T 229-94, ASTM D 71-94	Este método nos permitirá conocer la relación del asfalto entre peso a volumen, la que varía con la temperatura. El peso específico del cemento asfáltico es la relación del peso de un volumen dado del material a 25° y un volumen igual al del material a una misma temperatura.

### 2.3 Caracterización de las mascarillas quirúrgicas desechables

Las mascarillas más comunes para usar son las de TIPO I y TIPO II no resistentes a fluidos y las IR e IIR resistentes a fluidos.

#### a) Mascarillas quirúrgicas tipo I homologadas.

Este tipo de mascarillas quirúrgicas son de tres capas y tres pliegues (Figura 2) con una protección respiratoria de una dirección y eficacia de protección bacteriana probada.



Figura 2 Mascarilla quirúrgica  
Fuente: Google imágenes

#### b) Mascarillas quirúrgicas tipo II homologadas.

Están compuestas por un material transpirable, básicamente se trata de su porcentaje de eficacia de filtración bacteriana (BFE). Las mascarillas quirúrgicas tipo I tienen  $\geq 95\%$  de BFE y las mascarillas tipo 2 tienen  $\geq 98\%$  de BFE, y su protección respiratoria es en una dirección.

#### c) Mascarillas quirúrgicas tipo IIR homologadas.

La mascarilla tipo IIR es resistente a las salpicaduras de sangre y otros fluidos corporales que pudieran estar contaminados. Además, la mascarilla desechable de tipo IIR tiene un porcentaje de BFE o eficacia de filtración bacteriana mayor en comparación con el tipo I. El resto de las características son las mismas que para el tipo I y tipo II: norma, homologación, con 3 capas de tela no tejida, ofrecen protección respiratoria en una dirección, cómodas, ajustables y muy bien de precio.

Tabla 5 Características de las mascarillas

Características de las mascarillas quirúrgicas			
Características	Tipo I	Tipo II	IIR
BFE (%)	$\geq 95$	$\geq 98$	$\geq 98$
Presión diferencial (mm H <sub>2</sub> O/cm <sup>2</sup> )	$< 5.0$	$< 6.0$	$< 6.0$
PFE a 0.1 micrones (%)	$\geq 95$	$\geq 98$	$\geq 98$
Resistencia a la penetración de sangre sintética (presión mínima en mm Hg para el resultado de aprobación)	80	120	160

### 2.3.1 Composición de las mascarillas quirúrgicas

La mascarilla quirúrgica consta de tres capas. Una primera capa, en contacto con la cara, que está realizada normalmente de TNT de polipropileno o de celulosa. La norma UNE española apunta a que esta capa debe ser del 100% polipropileno SPUNBOND de  $20 \text{ g/m}^2$  que es una tela no tejida fabricada con fibras continuas de polipropileno unidas por acciones mecánicas y de calor, su fabricación consiste en el proceso de fundir el polipropileno y por medio de presión y placas especiales forman el hilado (SPUN), posteriormente, mediante convección de aire, control de velocidad, etc., se gradúa el diámetro de hilo. La capa central, encargada de la mayor parte del filtrado, está realizada también de polipropileno, que según la norma UNE debe estar compuesta de una doble tela de polipropileno SPUNLANCE O MELT BLOWN de  $44 \text{ g/m}^2$ . El tejido SPUNLANCE es un TNT fabricado con chorros de agua de alta presión que van enredando fibras y fabricando así el tejido. Concretamente, la norma UNE establece que este tejido debe ser de 80% poliéster y 20% viscosa, el tejido MELT BLOWN son producidos, fundiendo el material plástico en una extrusora como en el caso anterior, pero a diferencia de aquel el material fundido es pasado a través de un cabezal con orificios de pequeñas dimensiones empujado un chorro de aire caliente.

Cuando emerge de los orificios un chorro de aire frío, solidifica el plástico y forma una maraña de hilos muy finos que es recibido por un cilindro perforado donde se va formando la manta. Por último, la capa exterior está compuesta de polipropileno o celulosa (IoM, 2006). En este caso, la norma UNE establece dos capas de 100% polipropileno SPUNBOND, como en la capa interna, pero en esta ocasión de un gramaje de  $40 \text{ g/m}^2$ .

Por su lado, las mascarillas de media-alta filtración están compuestas de 4 o 5 capas, tres de las cuales, que se sitúan en medio de las otras dos, hacen las labores de filtro. Normalmente estos tejidos internos que hacen de filtros están hechos de una capa fina de fibras de polipropileno SPUNBOND densamente unidas.

La materia prima principal de las mascarillas quirúrgicas desechables es el polipropileno que se utiliza debido a su capacidad hidrófuga y de absorción, por lo que asegura un ambiente confortable en la zona de la cara (IoM, 2006).

#### 2.3.1 Polipropileno (PP)

El polipropileno es un tipo de plástico desarrollado desde 1954, superando las deficiencias que presentaba este material en sus inicios, como eran su sensibilidad a la acción de la luz y al frío. Se le conoce con las siglas PP, es un plástico muy duro y resistente, opaco y con gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada de los  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  (Janosik, 2016).

##### a) Composición del polipropileno.

El polipropileno se obtiene a partir de la polimerización del propileno (2-propeno), producto gaseoso obtenido a partir del proceso de refinado de petróleo, en presencia de un catalizador y en condiciones de presión y temperatura controladas. El propeno es un hidrocarburo saturado que únicamente contiene átomos de carbono y de hidrógeno (Monzó, 2015). Obteniendo así la molécula final  $(C_3H_6)_n$  que es el polipropileno.

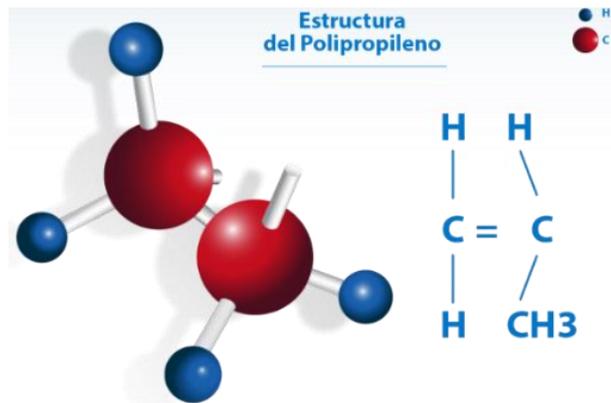


Figura 3 Estructura del polipropileno  
Fuente: PETROCUYO

### b) Propiedades del polipropileno.

En la siguiente tabla 6 se muestran las propiedades y sus valores típicos que tiene el polipropileno

**Tabla 6** Propiedades físicas del polipropileno

Propiedades físicas	Valores típicos
Ganancia de humedad	<0,1 %
Índice de refracción no	1,49
Conductividad térmica (20 °C)	0,14 – 0,22 W.m/ k
Coefficiente lineal de expansión térmica (20-60°C)	100, 10 <sup>-6</sup> °C <sup>1</sup>
Calor de fusión	21 cal/g
Calor específico	0,46 cal/g °C
Densidad del fundido a 180 °C	0,769 g/cc
Calor de combustión	10,725 Kcal/kg
Índice de oxígeno	17,4
Rango temperatura de descomposición	328 – 410 °C
Constante dieléctrica (20-80 °C)	2,25 kHz
Factor de disipación (10 <sup>2</sup> – 10 <sup>6</sup> Hz)	<0,0002 %
Resistividad volumétrica específica	>10 <sup>16</sup> Ω.cm

En general el polipropileno otorga buenas propiedades de resistencia química, excepto frente a hidrocarburos aromáticos a elevada temperatura y compuestos halogenados, tiene una buena resistencia al agua, baja densidad, es resistente a la mayoría de los compuestos inorgánicos excepto al ácido nítrico y sulfúrico, pero no es adecuado utilizarlo con disolventes orgánicos (Monzó, 2015).

## 2.4 Método de Diseño de la Mezcla Asfáltica

### 2.4.1 Ensayo Marshall

Morante (2019) nos dice que el método del ensayo Marshall se emplea para realizar una dosificación óptima de mezclas asfálticas y analizar las propiedades pertenecientes a dicha mezcla, empleando criterios de análisis de densidad, flujo, relación de vacíos, prueba de estabilidad que permitan reducir el ahuellamiento en el pavimento causado por diferentes factores entre ellos propiedades del ligante para una combinación específica de agregados pétreos con tamaño máximo igual o inferior a 25 mm, características y módulo dinámico del asfalto utilizado, composición volumétrica de la mezcla asfáltica (Reyes, Madrid, & Salas, 2007).

### 2.4.2 Flujo Marshall

El flujo o fluencia Marshall es la deformación total que sufre la briqueta después de ser aplicada al ensayo de estabilidad.

### 2.4.3 Estabilidad Marshall

La estabilidad de una mezcla asfáltica es la capacidad para resistir un desplazamiento y deformación bajo las cargas del tránsito, esto depende de la fricción interna y de la cohesión que está ligado a la viscosidad y temperatura del asfalto. Para que un pavimento sea estable debe tener la capacidad de mantener su forma y su lisura bajo cargas repetidas; un pavimento inestable desarrolla roderas (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla (Huamancayo & Saavedra, 2020).

### 2.4.4 Requisitos Marshall para mezcla asfáltica en caliente

En la tabla 7 se muestran los valores y requisitos que deben cumplir las mezclas asfálticas según la norma NEVI-12-MTOP, 2013

**Tabla 7** *Requisitos ensayo Marshall*

Tipo de Tráfico	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
N° de golpes/ cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	-----	1800	-----	1200	-----	1000	2400
Flujo (pulg. /100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos	3	5	3	5	3	5	3	5
% Vacíos agregados	Ver tabla 8							

*Nota:* Tomado de (NEVI-12-MTOP, 2013)

## 2.5 Mezclas asfálticas en caliente

Las mezclas asfálticas en caliente se conocen como la combinación del 95 % de agregados pétreos gruesos y finos secados y 5% de ligante asfáltico, los agregados de dicha mezcla son calentados antes del mezclado para que el asfalto no se enfríe, esta mezcla debe alcanzar temperaturas elevadas en el rango de los 150 °C para arriba dependiendo de la viscosidad del ligante (Figura 5) (Dávalos, 2015).



Figura 4 Mezcla en caliente  
Fuente: (Noboa, 2022)

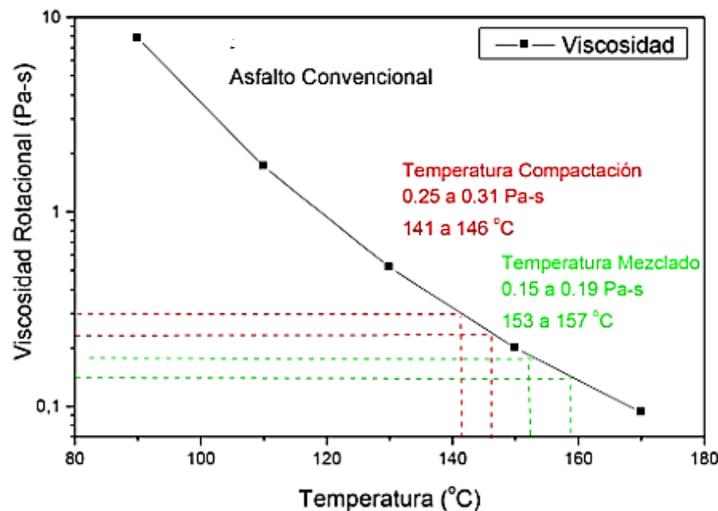


Figura 5 Viscosidad vs. Temperatura  
Fuente: (Grupo Súrfox, 2018)

## 2.6 Propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas

### 2.6.1 Durabilidad

La durabilidad de las mezclas es la propiedad que le permite resistir a factores como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades de asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito, o una combinación de ambos (Asphalt Institute, 1997).

### 2.6.1 Adhesión

Propiedad que tiene el asfalto o ligante asfáltico para adherirse o unirse a los agregados pétreos en el proceso de elaboración de la mezcla.

### 2.6.2 Envejecimiento o endurecimiento

El endurecimiento de las mezclas asfálticas es causado por la reacción de la oxidación entre el oxígeno y el ligante. Este proceso de deterioro depende de las características del asfalto, del proceso de la mezcla asfáltica y la temperatura, produciendo un incremento en su rigidez y pérdida de su adherencia (Torres, 2011).

## 2.7 Propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas compactadas

Para las mezclas asfálticas en caliente se deben tomar en cuenta para su comportamiento las siguientes propiedades volumétricas en referencia a los agregados pétreos con el asfalto como son:

### 2.7.1 Porcentaje de Vacíos de aire (%Va)

El porcentaje de vacíos es el volumen de espacios de aire que se encuentra entre las partículas de la mezcla asfáltica compactada final, esto se expresa como un porcentaje del volumen total de dicha mezcla.

### 2.7.2 Vacíos del agregado mineral (%VAM)

Es el volumen de vacíos intergranulares entre las partículas de los agregados pétreos de la mezcla asfáltica compactada final, incluyendo los vacíos de aire llenos de asfalto, en la tabla 8 podemos ver los valores del VAM:

**Tabla 8** Valores de % de vacíos del agregado mineral

Tamaño Máximo del agregado en mm		VAM mínimo (%)		
Porcentaje		Vacíos de Diseño, (%)		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.8	N° 16	21.5	22.5	23.5
2.36	N° 8	19.0	20.0	21.0
4.75	N° 4	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	½	13.0	14.0	15.0
19.0	¾	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0
50	2.0	9.5	10.5	11.5
63	2.5	9	10	11.0

*Nota:* Tomado de (NEVI-12-MTOP, 2013)

### 2.7.3 Gravedad Específica Bulk (Gsb)

Es la relación entre el peso en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los vacíos permeables e impermeables) con respecto al peso en aire de un volumen de agua destilada libre de gas y que tenga la misma densidad a una temperatura establecida (Fernández & Ruiz, 2018).

### 2.7.4 Gravedad Específica Máxima Medida (Gmm)

La gravedad específica máxima o también conocido como peso específico Rice, es la cantidad de vacíos que tendrá la mezcla asfáltica cuando se compacte.

## 2.8 Mezclas asfálticas modificadas

Forigua & Pedraza (2014) nos hablan de que estas mezclas son simplemente la incorporación adicional de diferentes tipos de modificadores antes de mezclarlos con el material pétreo como plásticos, caucho, cartón, entre otros.

Esto con el fin de mejorar las propiedades del asfalto como los esfuerzos de tensión, la cohesión, su resistencia, temperatura, envejecimiento, aumento de la resistencia y esfuerzos de tensión a la fatiga, y reduciendo agrietamientos.

En la actualidad se han realizado investigaciones de mezclas asfálticas que incluyen modificadores como plástico, caucho, botellas, entre otros, pero investigaciones directas con desechos de mascarillas quirúrgicas desechables en mezclas asfálticas son escasas, es por eso por ese motivo que en esta investigación realizamos estas mezclas de dos maneras que son:

### 2.8.1 Implementación de las mascarillas quirúrgicas como agregado

Denominado modificación vía seca, en esta mezcla se realizó la incorporación de las mascarillas en la preparación de los agregados pétreos (Figura 6) tomando un porcentaje de la fórmula de trabajo inicial, donde el porcentaje de los agregados es modificado y el porcentaje del asfalto se mantiene sin cambios.



*Figura 6 Incorporación de mascarilla vía húmeda  
Fuente: (Noboa, 2022)*

### **2.8.2 Implementación de las mascarillas quirúrgicas por vía húmeda**

Para la realización de esta mezcla incorporaremos las mascarillas quirúrgicas por un proceso de vía húmeda (directamente al ligante bituminoso) (Figura 7), pero se tomó en cuenta la compatibilidad que tienen las mascarillas con el asfalto y luego la adherencia a los agregados.



*Figura 7 Incorporación mascarilla vía seca  
Fuente: (Noboa, 2022)*

## **CAPITULO III.**

### **METODOLOGÍA**

En la presente investigación se plantea realizar una metodología de carácter cuantitativo, en base a ensayos de laboratorios para el análisis, diseño y prueba de la mezcla asfáltica tradicional y modificada, esta investigación tiene un alcance de tipo exploratorio ya que sabemos la tipología que tiene la realización de una mezcla asfáltica tradicional pero se desconoce el comportamiento que tendrá al implementar los desechos de las mascarillas a las mezclas asfálticas, a las cuales también se les realizara los ensayos correspondientes para así cumplir con el objetivo de la investigación y poder presentar los resultados experimentales obtenidos que indicaran si es factible o no la realización de mezclas modificadas adicionando desechos de las mascarillas quirúrgicas.

### 3.1 Diagrama Metodológico

En la siguiente figura 8, se muestra las actividades realizadas en esta investigación:

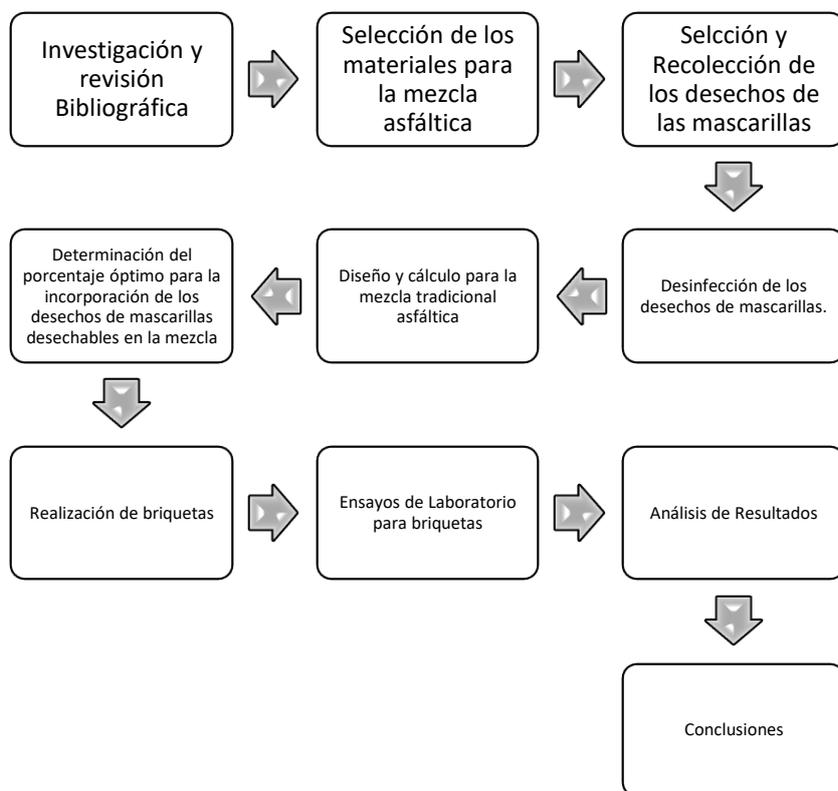


Figura 8 Metodología

Fuente: (Noboa, 2021)

### 3.2 Descripción metodológica

Para desarrollar este proyecto de investigación se hace una recopilación bibliográfica sobre mezclas asfálticas modificadas con mascarillas quirúrgicas, polipropileno y sobre el método Marshall usando herramientas de búsquedas como, Scielo, Google Académico, Scopus, Repositorios digitales y Normativas nacionales e Internacionales como guía de investigación y elaboración de mezclas modificadas.

Los materiales usados son proporcionados por la empresa de la ciudad de Riobamba tanto los agregados pétreos, el asfalto AC-20 y la fórmula de trabajo inicial, en este caso las mascarillas quirúrgicas utilizadas fueron nuevas, cortadas, trituradas y molidas manualmente; por protocolos de protección sanitaria y por las normativas de los laboratorios donde se realizó esta investigación

Obteniendo todos los materiales necesarios para la mezcla se procedió a realizar los ensayos necesarios dadas por las normas INEN, AASHTO, MOP, INV-E, NEVI, ASTM para determinar las propiedades mecánicas y físicas de estos materiales tanto para los agregados, asfalto y mascarillas.

Una vez realizado los ensayos correspondientes y guiándonos en los artículos investigados para mezclas asfálticas con plásticos sus resultados sirvieron como punto de partida para obtener el porcentaje de mascarillas que se utilizara.

Finalmente se procede a realizar 23 briquetas distribuidas de la siguiente manera; 5 con mezcla asfáltica convencional, 9 para la mezcla vía seca repartidas en tres porcentajes de 6%, 10% y 15%, de manera similar para la mezcla vía húmeda 9 briquetas 3 para cada porcentaje de 1%, 1.5% y 2%, inmediatamente se procedió a ensayarlas por el método Marshall para obtener los resultados correspondientes y cumplir con los objetivos propuestos.

## CAPITULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez finalizados los ensayos correspondientes a los agregados, asfalto, mascarillas y briquetas, se procede a tabular los resultados correspondientes:

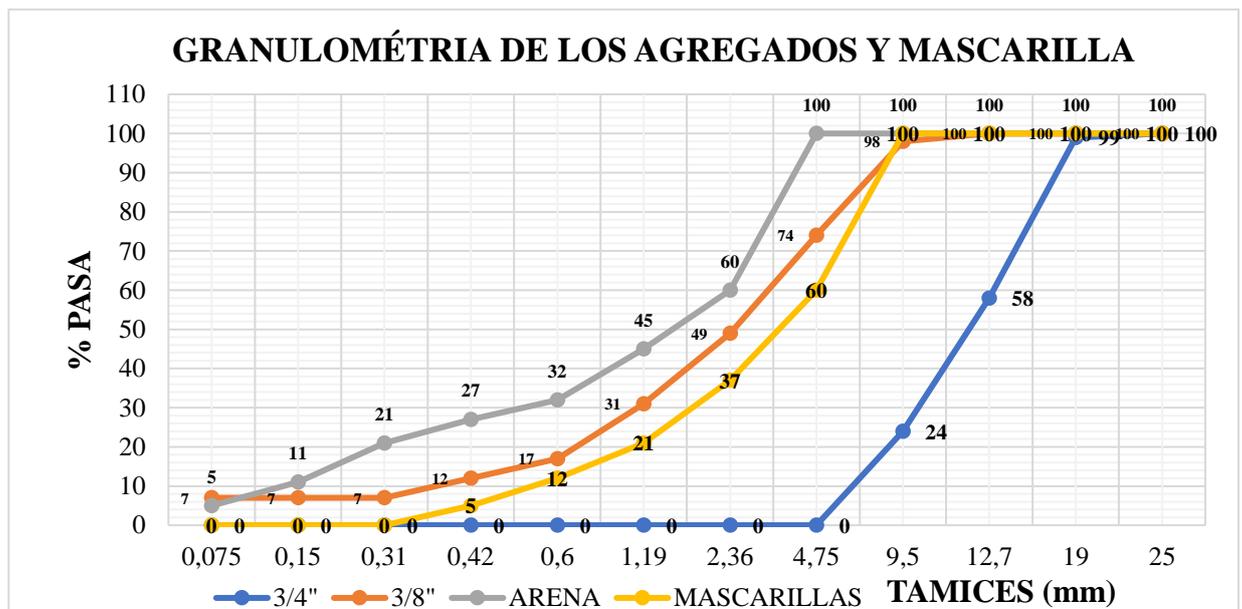
#### 4.1 Resultados de ensayos para agregados pétreos

##### 4.1.1 Granulometría

Este ensayo fue realizado para cada tipo de material en base de la norma INEN 696, los resultados individuales se pueden observar en el Anexo 1.

**Tabla 9** *Granulometría de los agregados pétreos y mascarilla*

Tamices	% Pasa				
N°	mm	3/4"	3/8"	Arena	Mascarilla
1	25	100	100	100	100



*Figura 9* Granulometría  
Fuente: (Noboa, 2022)

La mezcla total de los agregados pétreos utilizados cumple con el tipo y graduación de una faja granulométrica de ¾" como se muestra en la siguiente tabla 10 y figura 10:

**Tabla 10** Faja granulométrica ¾"

Tamices	mm	% Pasa final	Mínimo	Máximo
1	25	100	100	100
¾"	19	99	90	100
3/8"	9,5	79	56	80
Nº4	4,75	59	35	65
Nº8	2,36	38	23	49
Nº50	0,31	7	5	19
Nº200	0,075	5	2	8

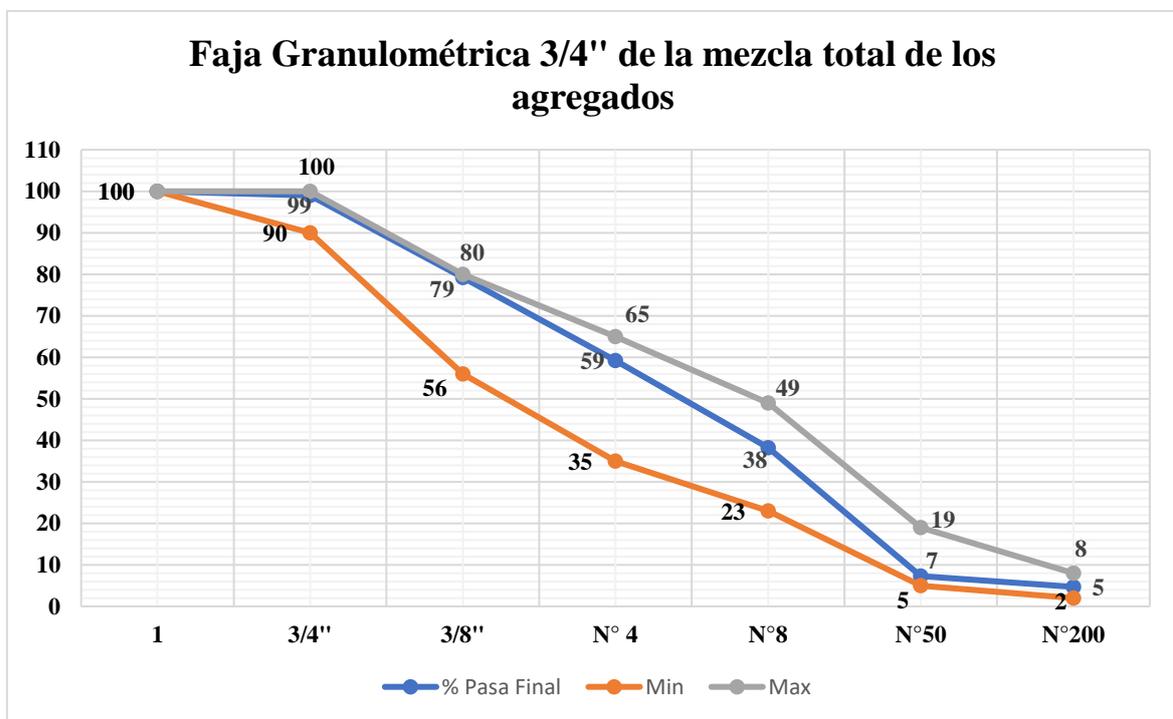


Figura 10 Faja granulométrica ¾" de la mezcla total  
Fuente: (Noboa, 2022)

#### 4.1.2 Peso específico y absorción

Se realizó el ensayo para calcular el peso o gravedad específica de los materiales pétreos Arena (fino), agregado grueso ¾" y 3/8" siguiendo las especificaciones de las normas INEN 856 Y 857 obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 11** *Ensayo de peso específico y absorción de los agregados pétreos*

<b>Ensayo</b>	<b>Arena</b>	<b>3/4"</b>	<b>3/8"</b>
Gravedad Específica BULK (Sh)	2,85 g.	1,76 g.	1,42 g.
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca (SSS)	2,79 g.	2,07 g.	1,86 g.
Gravedad Específica Aparente	2,7 g.	2,57 g.	2,54 g.
Absorción	1,96 %	18,04 %	31,04 %

#### 4.1.3 Masa unitaria del árido

**Tabla 12** *Ensayo de masa unitaria de los agregados*

<b>Ensayo</b>	<b>Arena</b>	<b>3/4"</b>
Masa Unitaria suelta	1,20	1,33
Masa Unitaria compacta	1,41	1,48

#### 4.1.4 Contenido de Humedad árido fino y grueso

Los resultados obtenidos del contenido de humedad para los áridos fueron los siguientes:

**Tabla 13** *Contenido de Humedad de los áridos*

<b>Ensayo</b>	<b>Arena</b>	<b>3/4"</b>	<b>3/8"</b>
Contenido de Humedad %	2,01	0,86	2,46

#### 4.1.5 Límite plástico

Debido al tipo de material el límite líquido tienen un resultado de cero por lo cual el límite plástico del agregado fino se determinó un resultado I/P.

#### 4.1.6 Abrasión agregado grueso

Este ensayo se realizó mediante la máquina de los ángeles con el número de esferas metálicas como lo indica la norma INEN 860 para el agregado grueso 3/4" para determinar el desgaste que sufre el material obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 14** *Abrasión del agregado grueso*

<b>Ensayo</b>	<b>3/4"</b>	<b>3/8"</b>
Abrasión %	22,16	27,88

#### 4.1.7 Partículas alargadas y achatadas

Se realizó el ensayo de caras alargadas y planas con el agregado grueso ¾” con una muestra inicial de 3000 gramos como nos indica la norma ASTM D-4791, 2005 obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 15** *Ensayo partículas alargadas y achatadas*

Partículas	Gramos	%
Achatadas	133	4,43
Alargadas	197	5,67

#### 4.1.8 Caras fracturadas

En este ensayo se determinó el porcentaje de caras fracturas para agregados de ¾” a 1/2” en una masa de 2000 gramos y de ½” a 3/8” en una masa de 1300 gramos obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 16** *Ensayo de caras fracturadas*

Agregado	%
¾” a ½”	63,66
½” a 3/8”	55,27

#### 4.2 Ensayos realizados al ligante bituminoso

El asfalto que se utilizó es el AC-20 en este caso no se realizó los ensayos correspondientes debido a que la empresa que nos proveyó ya los realizó en los laboratorios de Petro Ecuador que son acreditados por el SAE (Anexo 3), por ende, los resultados obtenidos son seguros, precisos y garantizados, en la tabla 17 observamos los resultados.

**Tabla 17** *Propiedades del ligante asfáltico.*

Parámetro	Norma	Especificación		Resultado	Unidad de medida	U <sup>2</sup>
		Mín.	Max.			
Viscosidad Absoluta 140 °F (60°C)	ASTM D2171_NTE INEN 810	160	240	180	Pas	±5 %
Viscosidad Cinemática 275 °F (135°C)	ASTM D2171_NTE INEN 810/1981	300	-	358	mm <sup>2</sup> /s	±1,9 %
Penetración 77 °F (25 °C 100 G. 5s)	ASTM D5_NTE INEN 918	60	-	78	Dmm	±4 dmm
Punto de Inflamación	ASTM D92_NTE INEN 808	232	-	286	°C	±5 °C

Solubilidad en Tricloroetileno*	ASTM D2042_NTE INEN 915	99	-	99,94	%P	-
Residuo de ensayos de película fina en horno rotatorio*	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-
Viscosidad 60°C*	ASTM D2171_NTE INEN 810	-	800	648	Pas	±N/A
Ductibilidad 77 °F (25 °C) 5cm/min*	ASTM D113_NTE INEN 916	50	-	65	Cm	-
Gravedad API a 60 °F (25 °C) 5cm/min*	ASTM D1298_NTE INEN 2319	RE- PORTE	RE- PORTE	7,1	°API	±N/A
Densidad Relativa (15,6/15,6 °C)	ASTM D1298_NTE INEN 2319	RE- PORTE	RE- PORTE	1,0209	-	±N/A
Gravedad Específica 25/25 °C	ASTM 70	RE- PORTE	RE- PORTE	1,010	-	±0,002
Punto de ablandamiento*	ASTM D36	-	-	48,2	°C	-
Índice de penetración*	ASTM D5	-1,5	1	-0,6	-	-
Cambio de masa*	ASTM D2872	-	1	-0,200	%P	-

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están dentro del alcance de la acreditación SAE, °API observado: 14,39

### 4.3 Diseño de la mezcla asfáltica convencional.

#### 4.3.1 Diseño de la estructura óptima

Para esta investigación se realizó la mezcla asfáltica convencional para tráfico pesado usando la fórmula de trabajo de la planta asfáltica (Anexo 4), esto debido a que los materiales para realizar las briquetas correspondientes son provenientes de la misma empresa y eso asegura que la dosificación a usar es recomendable, además se utilizó una energía de compactación proporcionando 75 golpes en la compactación por cada lado de la briketa para todos los tipos de mezclas como nos indica la norma para el tipo de tráfico de nuestra mezcla, observar el anexo 12.

**Tabla 18** Dosificación para mezcla asfáltica de control

Agregados	%	Masa (gramos)
3/4"	24,4	292,80
3/8"	55,4	664,80
Arena fina	15,2	182,40
Asfalto	5	60,00

### 4.3.2 Ensayo Marshall Estabilidad y Flujo

Este ensayo se realizó en la prensa para ensayo Marshall como se puede observar en el Anexo 14, previamente las briquetas fueron sumergidas a baño maría en un lapso de 30 a 40 minutos a una temperatura de  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ , se ensayaron 6 briquetas obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 19** Estabilidad y flujo de las briquetas con dosificación convencional

Briquetas dosificación convencional					
Fecha		Código	Dosificación	Estabilidad (lb)	Flujo 1/100 (pulg)
Muestra	Ensayo				
		1N		3462	14,1
		2N	95% agrega-	3783,36	13,8
11/02/2022	12/02/2022	3N	dos 5% as-	3327	13,6
		4N	falto	4485,52	14,3
		5N		3320,64	13,7

### 4.3.3 Resultado del porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos de los minerales

Se realizaron los ensayos para la determinación de la gravedad “Bulk” como se puede observar en la tabla 20, % de vacíos y el % VAM.

**Tabla 20** % de vacíos, % VAM y Gsb de la dosificación convencional

Briquetas dosificación convencional					
Dosificación	Código	Gsb (g/cm <sup>3</sup> )	Gmm (g)	% Vacíos*	% VAM
	1N	2,386			11,9057
95% agrega-	2N	2,250			16,9274
dos – 5% as-	3N	2,345	2,472	5,6239	13,4391
falto	4N	2,389			11,7934
	5N	2,296			15,2367

\*El %vacíos fue calculado con un promedio de Gmm de todas las muestras

## 4.4 Diseño de la mezcla asfáltica modificada con mascarilla quirúrgica

### 4.4.1 HMA usando mascarillas por vía seca

Para realizar la dosificación de esta mezcla se partió desde la mezcla convencional diseñada para un tráfico pesado, modificando y variando el porcentaje mayoritario del agregado e incorporando un 6%, 10% y 15% de mascarillas quirúrgicas trituradas como se muestra en el anexo 9 y figura 24.

Con estos porcentajes, el asfalto y los agregados se determinan de la misma manera elaborando 3 tipos de dosificaciones para las briquetas como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 21** *Dosificación para mezcla asfáltica modificada al 6% de mascarilla como agregado*

<b>Dosificación mezcla asfáltica modificada 6% mascarilla</b>		
<b>Agregados</b>	<b>%</b>	<b>Masa (gramos)</b>
3/4"	24,4	292,80
3/8"	49,4	592,8
Arena fina	15,2	182,40
Mascarilla	6	72
Asfalto	5	60,00
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>1200</i>

**Tabla 22** *Dosificación para mezcla asfáltica modificada al 10% de mascarilla como agregado*

<b>Dosificación mezcla asfáltica modificada 10% mascarilla</b>		
<b>Agregados</b>	<b>%</b>	<b>Masa (gramos)</b>
3/4"	24,4	292,80
3/8"	45,4	544,8
Arena fina	15,2	182,40
Mascarilla	10	120
Asfalto	5	60,00
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>1200</i>

**Tabla 23** *Dosificación para mezcla asfáltica modificada al 15% de mascarilla como agregado*

<b>Dosificación mezcla asfáltica modificada 15% mascarilla</b>		
<b>Agregados</b>	<b>%</b>	<b>Masa (gramos)</b>
3/4"	24,4	292,80
3/8"	40,4	484,8
Arena fina	15,2	182,40
Mascarilla	15	180
Asfalto	5	60,00
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>1200</i>

**a) Ensayo Marshall Estabilidad y Flujo en HMA modificada vía seca**

Se realizó el ensayo de todas las briquetas como nos indica el método Marshall, los siguientes valores mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 24** Resultados de estabilidad y flujo de las briquetas con mascarillas quirúrgicas como agregado

<b>Briquetas con mascarillas quirúrgicas como agregado</b>			
<b>Dosificación</b>	<b>Código</b>	<b>Estabilidad (lb)</b>	<b>Flujo 1/100 (pulg)</b>
89% agregados, 6% mascarillas, 5% asfalto	1,6	11837,97	1,55
	2,6	10052,55	1,9
	3,6	10683,84	2,0
85% agregados, 10% mascarillas, 5% asfalto	10,1	11032,36	4,3
	10,2	11840,78	4
	10,3	12658,47	5,7
80% agregados, 15% mascarillas, 5% asfalto	15,2	9798,68	3,1
	15,3	9450,6	3,5
	15,4	10010,72	4

**b) Resultado del porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos de agregados**

En estos ensayos se los hicieron de la misma manera que en las briquetas con mezcla convencional y se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 25** % de vacíos, % VAM y Gsb de la dosificación modificada como agregado

<b>Briquetas con mascarillas quirúrgicas como agregado</b>					
<b>Dosificación</b>	<b>Código</b>	<b>Gsb (g/cm3)</b>	<b>Gmm (gr)</b>	<b>%Vacíos*</b>	<b>%VAM</b>
89% agregados, 6% mascarillas, 5% asfalto	1,6	2,23			8,39
	2,6	2,19	2,45	9,51	9,55
	3,6	2,22			8,76
85% agregados, 10% mascarillas, 5% asfalto	10,1	2,12			6,69
	10,2	2,08	2,28	8,06	8,64
	10,3	2,09			8,09
80% agregados, 15% mascarillas, 5% asfalto	15,2	1,93			8,29
	15,3	1,95	2,24	13,84	7,40
	15,4	1,89			9,79

\*El %vacíos fue calculado con un promedio de Gmm de todas las muestras

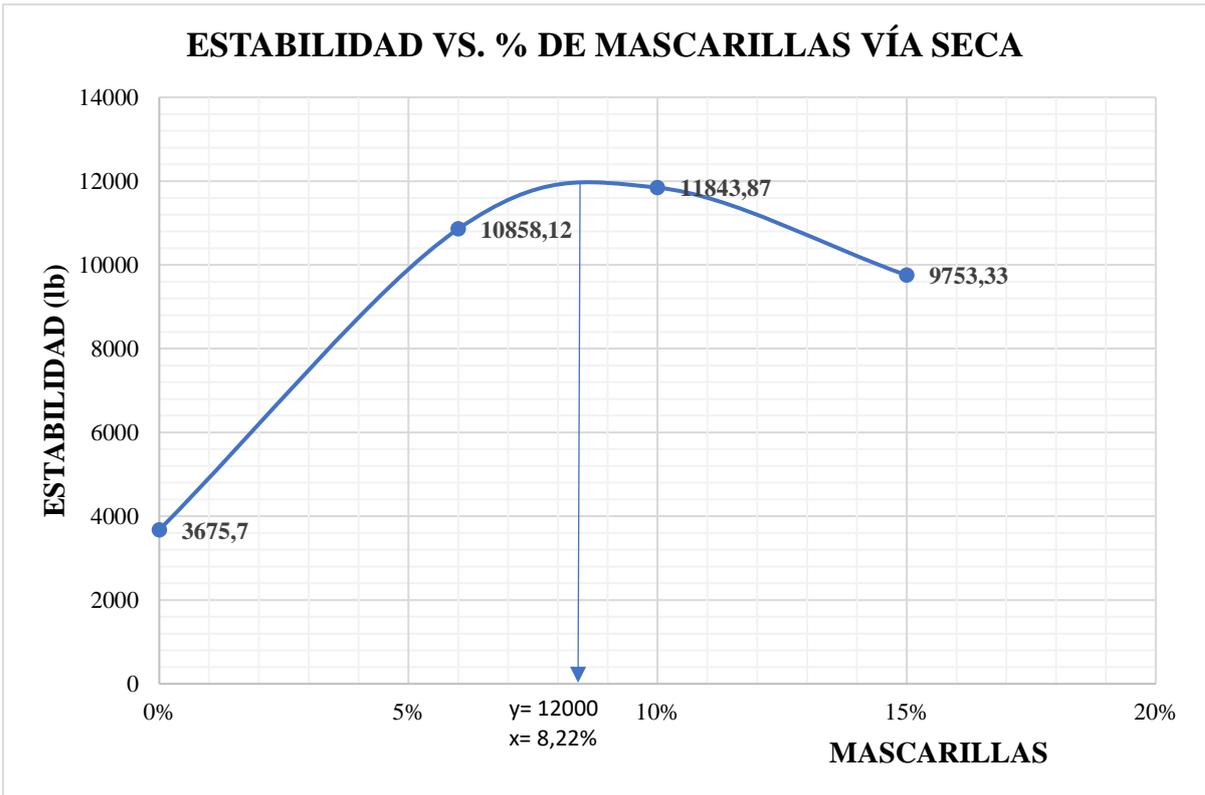


Figura 11 Estabilidad vs. % de mascarillas vía seca  
Fuente: (Noboa, 2022)

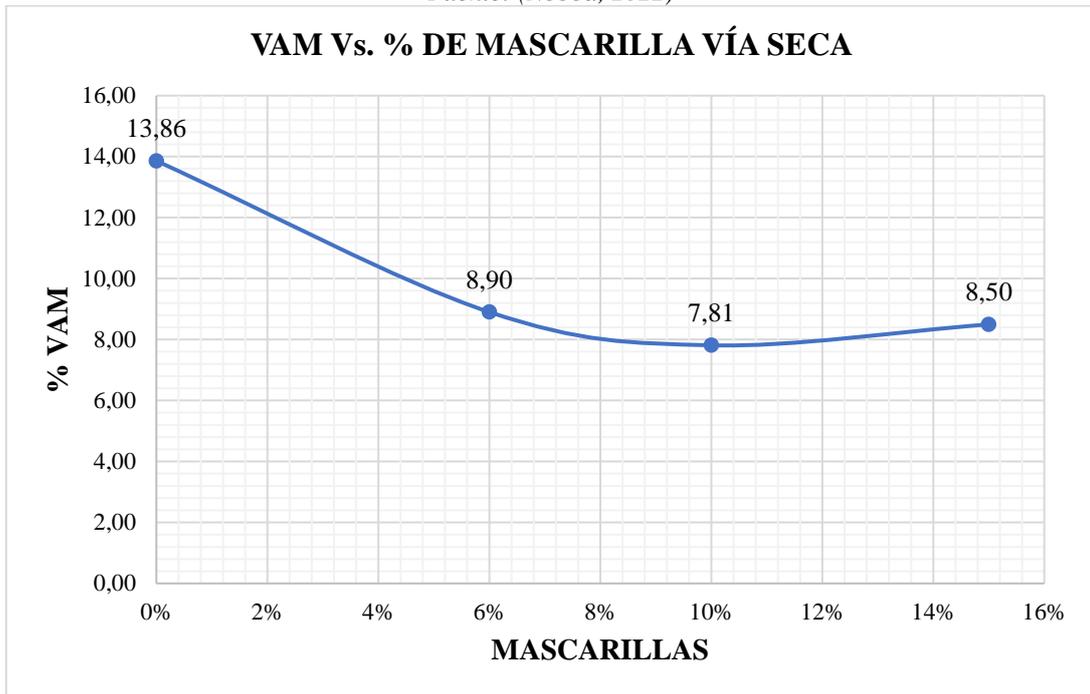


Figura 12 %VAM vs. % de mascarillas vía seca  
Fuente: (Noboa, 2022)

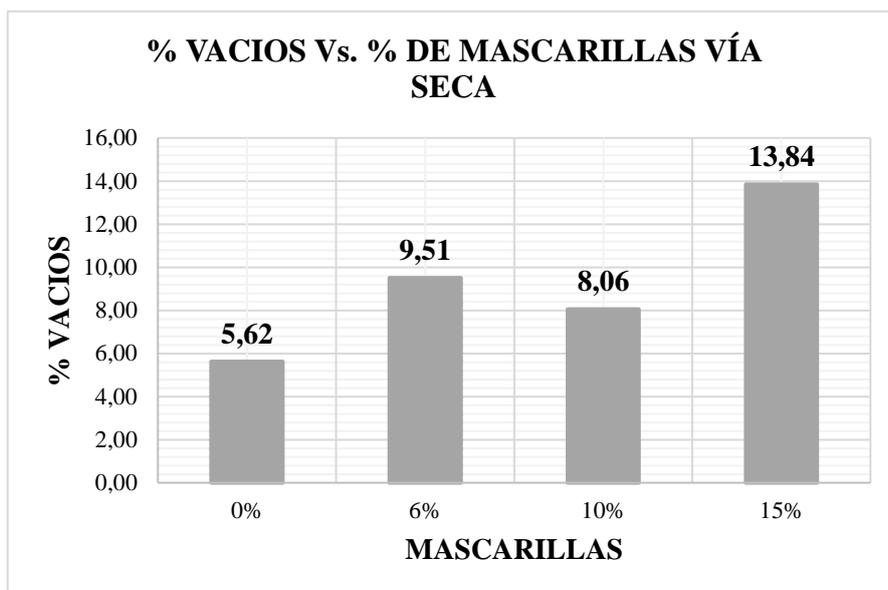


Figura 13 % Vacíos vs. % de mascarillas vía seca  
Fuente: (Noboa, 2022)

#### 4.4.2 HMA modificada por vía húmeda.

Para realizar la dosificación de esta mezcla se partió desde la mezcla convencional, modificando y variando el porcentaje del asfalto del 5% a este se le redujo un 1%, 1.5% y un 2% y se incluyó la mascarilla quirúrgica molida (Anexo 9 y figura 25) con estos porcentajes se realizó la mezcla en caliente como se puede observar en el Anexo 10 y figura 26, los porcentajes de agregados quedaron de la misma manera que la dosificación convencional, obteniendo las siguientes dosificaciones:

**Tabla 26** Dosificación para mezcla asfáltica modificada vía húmeda al 1% de mascarilla

Dosificación mezcla asfáltica modificada vía húmeda 1% mascarilla		
Agregados	%	Masa (gramos)
3/4"	24,4	292,80
3/8"	55,4	664,80
Arena fina	15,2	182,40
Mascarilla	1	12
Asfalto	4	48,00
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>1200</i>

**Tabla 27** *Dosificación para mezcla asfáltica modificada vía húmeda al 1.5% de mascarilla*

<b>Dosificación mezcla asfáltica modificada vía húmeda 1.5% mascarilla</b>		
<b>Agregados</b>	<b>%</b>	<b>Masa (gramos)</b>
3/4"	24,4	292,80
3/8"	55,4	664,80
Arena fina	15,2	182,40
Mascarilla	1,5	18
Asfalto	3,5	42,00
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>1200</i>

**Tabla 28** *Dosificación para mezcla asfáltica modificada vía húmeda al 2% de mascarilla*

<b>Dosificación mezcla asfáltica modificada vía húmeda 2% mascarilla</b>		
<b>Agregados</b>	<b>%</b>	<b>Masa (gramos)</b>
3/4"	24,4	292,80
3/8"	55,4	664,80
Arena fina	15,2	182,40
Mascarilla	2	24
Asfalto	3	36,00
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>1200</i>

**a) Ensayo Marshall Estabilidad y Flujo de las briquetas con mezcla modificada con mascarillas por vía húmeda**

Para este ensayo se lo llevo acabo de igual forma que todos los procedimientos anteriores obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 29** *Estabilidad y flujo de la HMA modificada vía húmeda*

<b>Briquetas con mascarillas quirúrgicas por vía húmeda</b>			
<b>Dosificación</b>	<b>Código</b>	<b>Estabilidad Corre- gida (lb)</b>	<b>Flujo 1/100 (pulg)</b>
95% agregados, 1% mascarillas, 4% asfalto	11	3213,15	3
	12	2764,8	2,5
	13	3721,92	2,3
95% agregados, 1.5% mascarillas, 3.5% asfalto	C151	4718,4	1,5
	153	3889,92	1,4
	155	4941	2,2
95% agregados, 2% mascarillas, 3% asfalto	21	4848,72	3,5
	22	4143,36	2,5
	23	4224,48	2,6

**b) Resultado del porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos de agregados**

En estos ensayos se los hicieron de la misma manera que en las briquetas con mezcla convencional y se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 30** % de vacíos, % VAM y Gsb de la dosificación modificada por vía húmeda.

Briquetas con mascarillas quirúrgicas por vía húmeda					
Dosificación	Código	Gsb (g/cm <sup>3</sup> )	Gmm (g)	% Vacíos*	% VAM
95% agregados, 1% mascarillas, 4% asfalto	11	2,28	2,41	5,45	15,82
	12	2,28			15,87
	13	2,26			16,02
95% agregados, 1.5% mascarillas, 3.5% asfalto	C151	2,32	2,50	7,01	14,49
	153	2,32			14,45
	155	2,34			13,56
95% agregados, 2% mascarillas, 3% asfalto	21	2,29	2,37	2,49	15,74
	22	2,31			14,79
	23	2,35			13,42

\*El %vacíos fue calculado con un promedio de GSB de todas las muestras

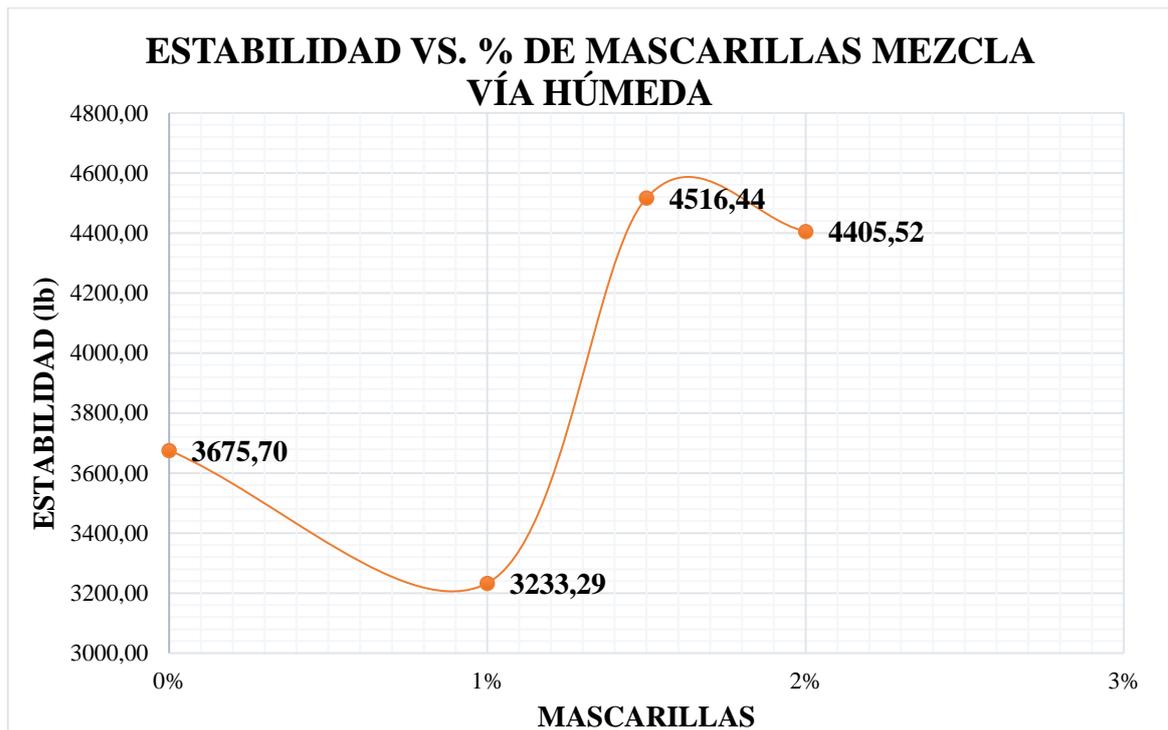
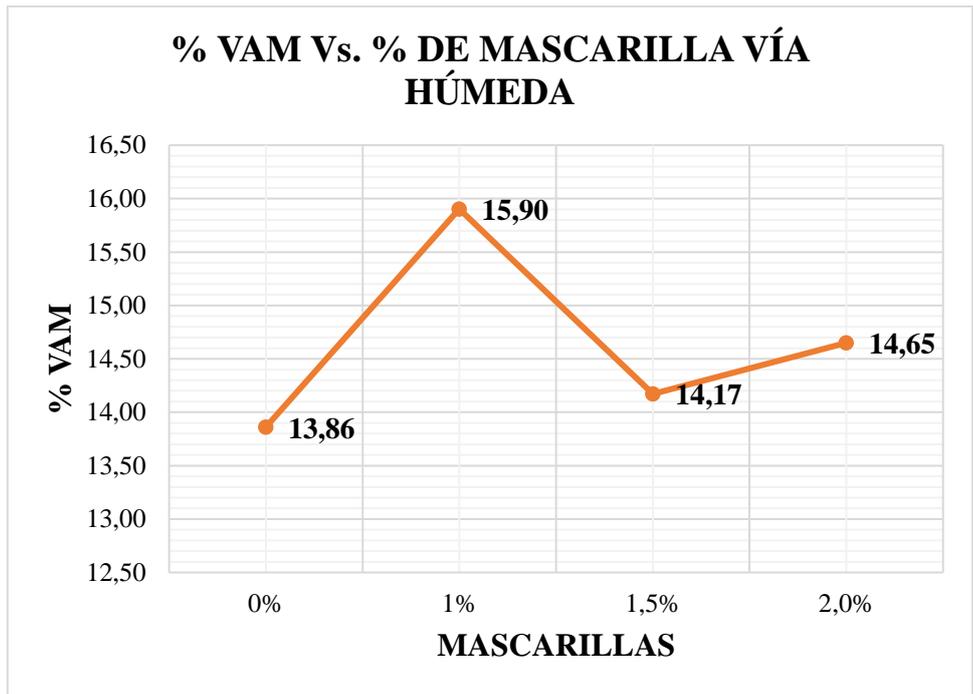
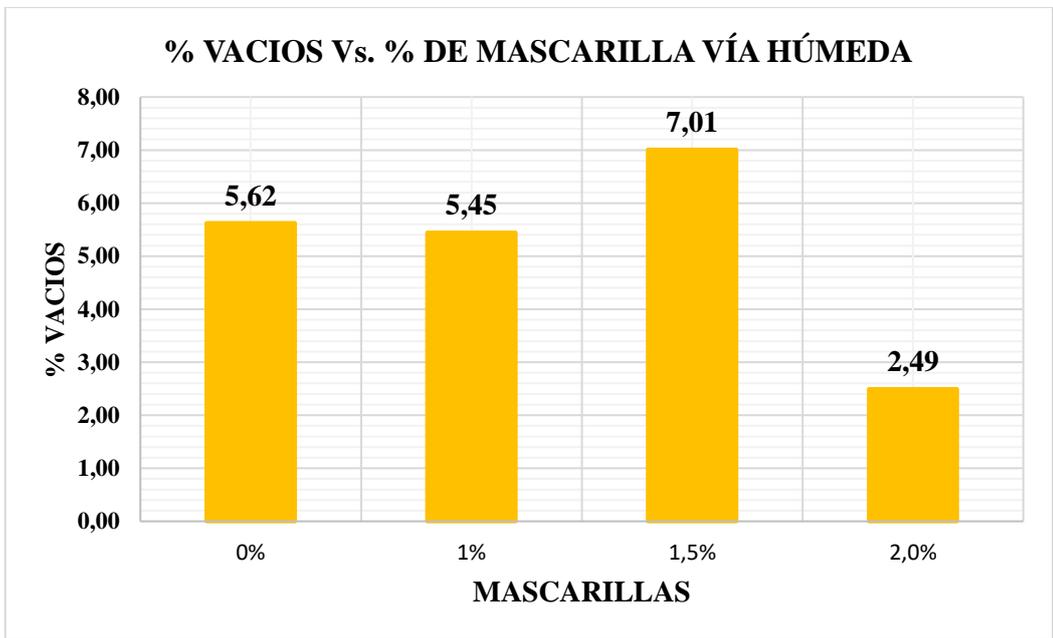


Figura 14 Estabilidad vs. % de mascarillas vía húmeda  
Fuente: (Noboa, 2022)



*Figura 15 % VAM vs. % de mascarillas vía húmeda*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*



*Figura 16 de % Vacíos vs. % de mascarillas vía húmeda*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Las mascarillas quirúrgicas desechables están constituidas de polipropileno material que está estructurado de moléculas de Carbono e hidrógeno.
- Al momento de realizar la mezcla y exponer las mascarillas quirúrgicas al calor, la adherencia de estas con el asfalto fue compatible, inmediata y correcta debido a la composición química de ambos.
- La compactación aplicada según indica la normativa para las briquetas modificadas con mascarillas quirúrgicas para el 15% muestra dificultad mecánica al realizarla, dado que la mezcla se enfría inmediatamente, pierde su densidad y se endurece por el plástico y no alcanza a densificarse.
- La dosificación convencional que se puede observar en la tabla 18 dio resultados de estabilidad que cumplen con la norma, obteniendo valores mínimos de 3320 lb y valores máximos de 4485 lb, de igual forma el flujo obtenido de esta mezcla varía entre los 13.6 pulgadas/100 a los 14.6 pulgadas/100 obteniendo valores recomendados por lo normado.
- La variación de los resultados de estabilidad de las muestras con la dosificación modificada que incluyeron las mascarillas quirúrgicas por vía seca superó a la mezcla convencional 3 veces más, en cambio los resultados obtenidos en las muestras de las mezclas modificadas por vía húmeda van en el rango de la dosificación convencional sin mostrar ninguna mejora.
- Los resultados del flujo de las briquetas modificadas tanto para la mezcla húmeda y como agregado no cumplen con los rangos dados por la normativa en la tabla 7 al contrario están por abajo del mínimo, dando entender que estas mezclas asfálticas son más rígidas que la mezcla convencional.
- El porcentaje de vacíos obtenido para las mezclas modificadas tanto para vía seca y vía húmeda superan al máximo dado por las normativas que es del 5%, entendiéndose así que las mascarillas originan más vacíos en la mezcla asfáltica.
- Una vez obtenidos los resultados de acuerdo con la metodología Marshall de todas las briquetas tanto para las mezclas asfálticas modificadas incluyendo la mascarilla quirúrgica como agregado y para la mezcla en caliente se nota que la estabilidad de la mezcla modificada vía seca del 10% cumple con la normativa y tuvo un importante aumento en comparación a la mezcla convencional, además los resultados del flujo no cumplieron con la normativa, pero es el que más se aproxima a dichos valores dados.

## RECOMENDACIONES

- Elaborar la misma mezcla asfáltica con la dosificación convencional, pero con una compactación para un tipo de tráfico liviano y ver las diferencias que se puede producir con la modificación de golpes de compactación.
- Generar una mezcla asfáltica modificada adicionando directamente el polipropileno puro y no como mascarillas y realizar una comparación con los resultados de esta investigación para ver si existe una diferencia entre ambos.
- Realizar una mezcla asfáltica convencional y modificada con la dosificación convencional dada en esta investigación, pero con otros agregados de otras minas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduso, M., Forero-López, A. D., Buzzi, N. S., Spetter, C. V., & Fernández-Severini, M. D. (2021). COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. *Science of the Total Environment*, 763, 12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144365>
- Asphalt Institute. (1997). Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica em caliente. Serie de Manuales No 22 (MS-22).
- ASTM D-1188. (2006). Peso Específico Bulk de las Briquetas. In Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
- ASTM D5-97. (2006). Método Estándar de Ensayo para Penetración de Materiales Bituminosos. “Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials”. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA., 6–8.
- Barrera Morales, A. (2012). “Análisis de la vulnerabilidad física y amenazas en la carretera longitudinal del norte en las microregiones de Metapán y Alto Lempa Norte. Región Norte, El Salvador.” *Infraestructura Vial*, 10(19), 21–27.
- Dávalos, Y. (2015). Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: Poliestireno Expandido. Perú.
- Envaselia. (2020). “Polipropileno ¿Qué es? Ventajas y usos.” <<https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polipropileno-id13.htm>>.
- Fernández, P., & Ruiz, N. (2018). Mezcla asfáltica modificada con poliestireno por vía seca. Quito, Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15075>
- Figueroa, A., Fonseca, E., & Reyes, F. (2009). Caracterización fisicoquímica y morfológica de asfaltos modificados con material reciclado. 45 - 70.
- Flores, P. R., García, H. B., Cedeño, F., and Espín, P. (n.d.). “LIGANTE ASFÁLTICO AC-20 . Design of Hot Asphalt Mixtures Modified with Tetra Pak , wire tire out of use and metal filings recycled with sphalt binder AC-20.” 9.
- Fonseca, M. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogota, Colombia: Agora Editores. Obtenido de <https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos>
- Forigua, J., & Pedraza, E. (2014). Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos. Bogotá, Colombia.
- Huamancayo, C. ., and Saavedra, F. . (2020). “INFLUENCIA DE LOS DESPERDICIOS PLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS.” (September), 10.
- Huertas, G. (2014). “Diseño de un Pavimento Flexible adicionando Tereftalato de Polietileno como Material Constitutivo junto con Ligante Asfáltico Ac-20.” 205.
- Janosik, S. M. (2016). “Polipropileno.” *NASPA Journal*, 42(4), 1.
- Jaramillo, E. B., Muñoz, L., Ossa, A., and Romo, M. P. (2014). “Comportamiento mecánico del polietileno tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas.” *Revista Facultad de Ingeniería*, (70), 207–219.
- Marques, D., Miranda, D., Athanasio, S., Cecília, A., Oliveira, S., and C, A. C. S. (2020). “Reutilización de mascarillas faciales de un solo uso COVID-19 para pavimentos base / subbase.”
- Metaute, D., and Casas, D. (2009). “DESARROLLO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA UTILIZANDO RESIDUOS PLÁSTICOS.” 26(4), 551–556.
- Monzó, R. (2015). “Investigación de la influencia del tipo de gas utilizado en el plasma atmosférico, en la modificación superficial del polipropileno.” 25--30.

- Morante, M. (2019). Utilización de gránulos de caucho triturado de neumáticos fuera de uso em mezclas asfálticas en frío con emulsión y material fresado. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Perez, J. C. c. (2016). ““Diseño De Mezclas Asfálticas En Caliente Utilizando El Metodo Marshall Y Analisis Comparativo De Las Propiedades Fisicas Y Mecanicas Con Cemento Asfáltico Nacional (Ecuador) E Importado (Peru).””
- Pilatuña, D., & Rodríguez, J. (2020). “Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del Cantón Guamote.” Universidad Nacional de Chimborazo, 1–104.
- Ramos, L. (2019). “USO DE RESIDUOS DE CAUCHO EN PAVIMENTOS DE ASFALTO: UNA REVISIÓN DE LITERATURA.” <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-civil/pavimentacao-asfaltica-3>>.
- Reyes, F., Madrid, M., & Salas, S. (2007). Mezclas asfálticas modificadas con un elastómero (caucho) y un plastómero (tiras de bolsas de leche con asfalto 80-100). Infraestructura vial, 25 - 34.
- Romero Flores, P., Bonifaz García, H., Huertas Cadena, J., and Cazar Ruiz, J. (2013). “Diseño de Pavimentos Flexibles adicionando Tereftalato de Polietileno como material constitutivo junto con ligante AC-20.” 8.
- Saberian, M., Li, J., Kilmartin-lynch, S., and Boroujeni, M. (2021). “Repurposing of COVID-19 single-use face masks for pavements base/ subbase.” (January).
- Villegas, R., Aguiar, J., and Loria, L. (2018). “Diseño de mezcla asfáltica con materiales de desecho Hot mix asphalt design with waste materials.” 08(1), 7–18.

## ANEXOS

Anexo 1 Cálculos granulométricos de agregados gruesos, fino y mascarillas

**Tabla 31** Granulometría agregado 3/4"

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b>					
<b>ENSAYO:</b>		<b>GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO 3/4"</b>			
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> Agregado Grueso 3/4"			
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño					
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH					
TABULACION DE DATOS					
TAMICES	mm	Retenido Parcial (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
1	25	0	0%	0%	100,0
3/4"	19	12	1%	1%	99
1/2"	12,7	825	41%	42%	58
3/8"	9,5	685	34%	76%	24
N° 4	4,75	475	24%	100%	0
N°8	2,36	2	0%	100%	0
N°16	1,19	0	0%	100%	0
N°30	0,6	0	0%	100%	0
N°40	0,42	0	0%	100%	0
N°50	0,31	0	0%	100%	0
N°100	0,15	0	0%	100%	0
N°200	0,075	0	0%	100%	0
<b>Bandeja</b>		1	0%	100%	0
<b>Total</b>		<b>2000</b>			



Figura 17 Granulometría agregado 3/4"

Fuente: (Noboa, 2022)

Tabla 32 Granulometría agregado 3/8"

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE CIVIL		 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
<b>ENSAYO:</b>		<b>GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO 3/8"</b>			
<b>REALIZADO POR:</b>	Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> Agregado Grueso 3/8"		
<b>TUTOR:</b>	Ing. Vladimir Pazmiño				
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH				
TABULACION DE DATOS					
TAMICES	mm	Retenido Parcial (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
1	25	0	0%	0%	100
3/4"	19	0	0%	0%	100
1/2"	12,7	0	0%	0%	100
3/8"	9,5	43	2%	2%	98
N° 4	4,75	474	24%	26%	74
N°8	2,36	502	25%	51%	49
N°16	1,19	369	18%	69%	31
N°30	0,6	270	14%	83%	17
N°40	0,42	102	5%	88%	12
N°50	0,31	104	5%	93%	7
N°100	0,15	0	0%	93%	7
N°200	0,075	0	0%	93%	7
<b>Bandeja</b>		136	7%	100%	0
<b>Total</b>		<b>2000</b>			

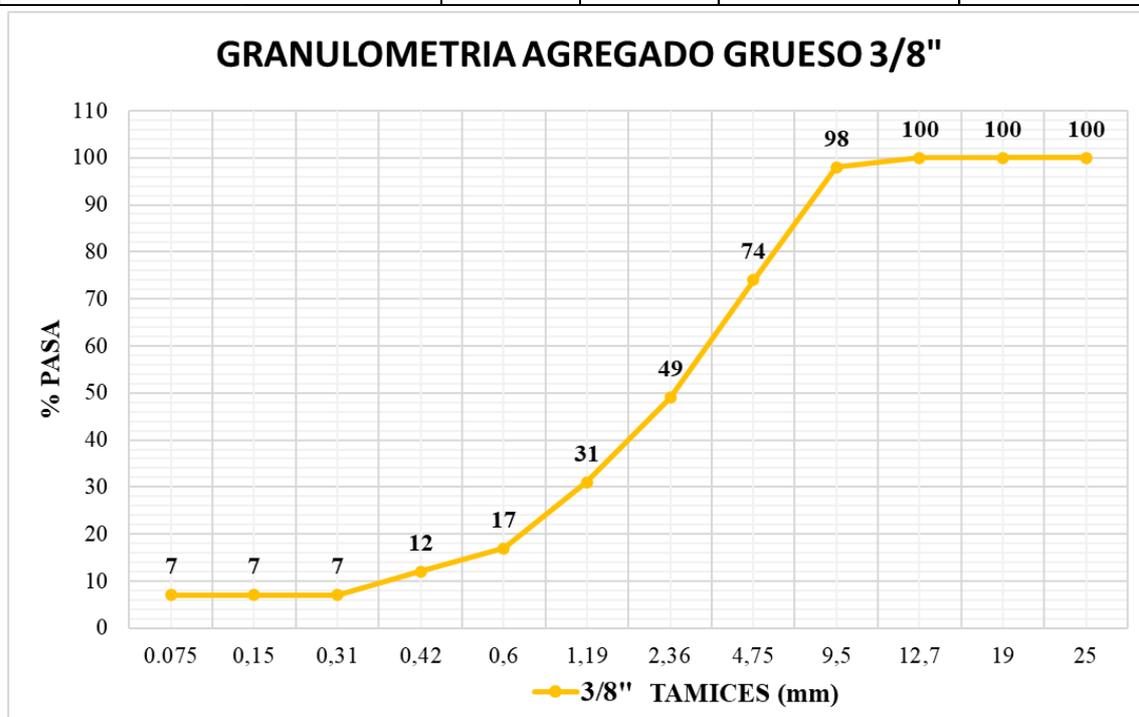


Figura 18 Granulometría agregado 3/8"

Fuente: (Noboa, 2022)

Tabla 33 Granulometría agregado fino arena

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE CIVIL		 FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE CIVIL			
<b>ENSAYO:</b>		<b>GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO ARENA</b>			
<b>REALIZADO POR:</b>		Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> Agregado Fino ARENA	
<b>TUTOR:</b>		Ing. Vladimir Pazmiño			
<b>UBICACIÓN:</b>		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH			
TABULACION DE DATOS					
TAMICES	mm	Retenido Parcial (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
1	25	0	0%	0%	100
3/4"	19	0	0%	0%	100
1/2"	12,7	0	0%	0%	100
3/8"	9,5	0	0%	0%	100
N° 4	4,75	0	0%	0%	100
N°8	2,36	799	40%	40%	60
N°16	1,19	300	15%	55%	45
N°30	0,6	266	13%	68%	32
N°40	0,42	99	5%	73%	27
N°50	0,31	122	6%	79%	21
N°100	0,15	200	10%	89%	11
N°200	0,075	122	6%	95%	5
<b>Bandeja</b>		92	5%	100%	0
<b>Total</b>		<b>2000</b>			

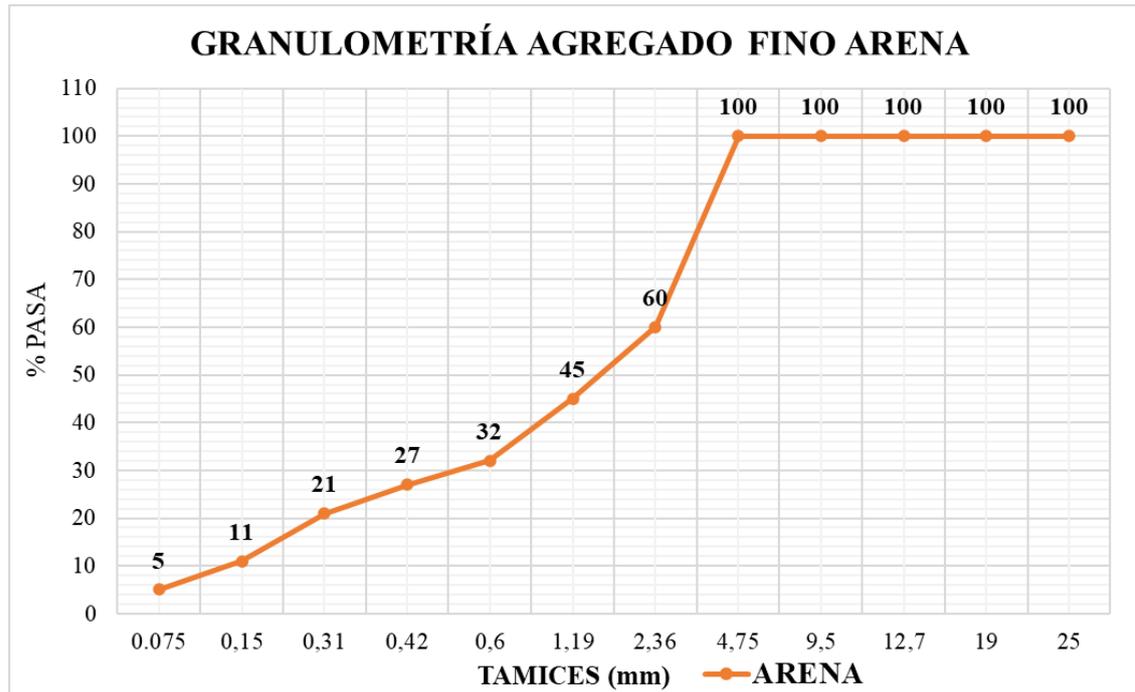


Figura 19 Granulometría agregado fino arena

Fuente: (Noboa, 2022)

Anexo 2 Granulometría mascarilla quirúrgica

Tabla 34 Granulometría mascarilla quirúrgica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERIA		ESCUELA DE CIVIL	
ENSAYO:		GRANULOMETRÍA DE LA MASCARILLA QUIRURGICA			
REALIZADO POR:		Noboa Cucalón Doménica Belén		MUESTRA: MASCARILLA	
TUTOR:		Ing. Vladimir Pazmiño			
UBICACIÓN:		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH			
TABULACION DE DATOS					
TAMICES	mm	Retenido Parcial (g)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
1	25	0	0%	0%	100
3/4"	19	0	0%	0%	100
1/2"	12,7	0	0%	0%	100
3/8"	9,5	0	0%	0%	100
N° 4	4,75	800	40%	40%	60
N°8	2,36	458	23%	63%	37
N°16	1,19	321	16%	79%	21
N°30	0,6	190	10%	88%	12
N°40	0,42	138	7%	95%	5
N°50	0,31	93	5%	100%	0
N°100	0,15	0	0%	100%	0
N°200	0,075	0	0%	100%	0
Bandeja		0	0%	100%	0
Total		2000			

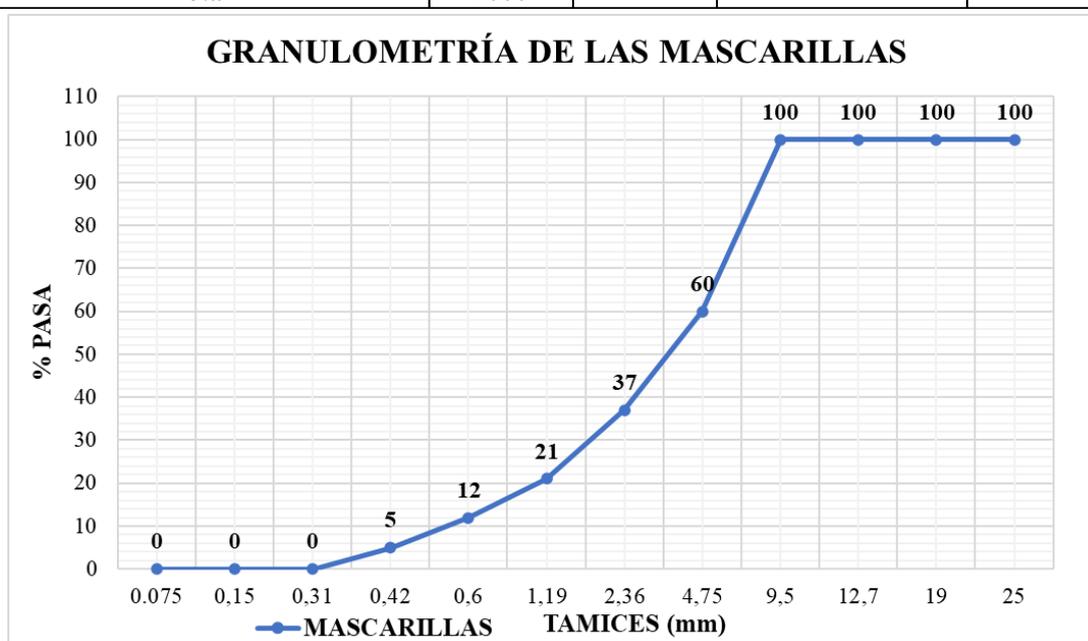


Figura 20 Granulometría mascarillas quirúrgicas  
Fuente: (Noboa, 2022)

Anexo 3 Ligante Bituminoso tipo AC-20

EP - PETROECUADOR  
INFORME DE RESULTADOS



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con  
ACREDITACIÓN No. SAE LEN 13-002.

GERENCIA: GERENCIA DE REFINACION REFERENCIA: PROPRO # 08 (2021-10-21)  
ORGANIZACIÓN: M01 REFINERÍA ESMERALDAS PRODUCTO ANALIZADO: 0280 ASFALTO AC-20  
INFORME NO. M01-1049-2021 CODIGO MUESTRA: ECC-21-1778

DATOS CLIENTE	
NOMBRE	JEFE DE CONTROL Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (ING. ALEJANDRO CAMACHO)
DIRECCIÓN	Km 7 1/2 Antigua Vía Atacames.
TELÉFONO	062994000 (85070, 85074)
SOLICITADO POR	ING. VICTOR GARCIA - ESP. DE PROGRAMACION DE LA PRODUCCION

DATOS DE LA MUESTRA			
ORIGEN DE LA MUESTRA	AO-V15	HORA TOMA DE MUESTRA	00:00:47
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	2021/10/22	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	00:15:11
CANTIDAD DE MUESTRA	1500 ml	LUGAR TOMA DE MUESTRA	ASFALTOS
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	2021/10/22	PUNTO DE MUESTREO	AFORO DE TANQUE

DATOS DE ANÁLISIS			
TEMPERATURA AMBIENTE	23.8 °C	PRESION BAROMETRICA	101.0 kPa
HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE	65.6 %HR	FECHA DE INICIO DE LOS ENSAYOS	2021/10/22 00:20:12
FECHA DE INICIO DE LOS ENSAYOS	2021/10/22 00:20:12	FECHA FINALIZACION DE LOS ENSAYOS	2021/10/22 05:45:47
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	2021/10/22		

RESULTADOS							
PARAMETRO	MÉTODO		ESPECIFICACION <sup>(1)</sup>		RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	U <sup>(2)</sup>
	(ASTM_INEN)	INTERNO	MIN.	MAX.			
VISCOSIDAD ABSOLUTA 140 °F (60 °C)	ASTM D2171_NTE INEN 810	V03.06.01.03-T-22	160	240	180,0	Pa s	±5 %
VISCOSIDAD CINEMÁTICA 275 °F (135 °C)	ASTM D2170_NTE INEN 810/1981	V03.06.01.03-T-23	300	-	358,0	mm <sup>2</sup> /s	±1.9 %
PENETRACIÓN 77 °F (25 °C 100 G, 5s)	ASTM D5_NTE INEN 918	V03.06.01.03-T-20	80	-	78	dmm	±4 dmm
PUNTO DE INFLAMACION	ASTM D92_NTE INEN 808	V03.06.01.03-T-21	232	-	286	°C	±5 °C
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO*	ASTM D2042_NTE INEN 915	V03.06.01.03-T-31	99	-	99,94	%P	-
RESIDUO DE ENSAYOS DE PELÍCULA FINA EN HORNO ROTATORIO*	N/A	V03.06.01.03-T-30	N/A	N/A	N/A	-	-
VISCOSIDAD 60°C*	ASTM D2171_NTE INEN 810	V03.06.01.03-T-22	-	800	648,0	Pa s	±N/A
DUCTILIDAD 77 °F (25 °C) 5cm/min*	ASTM D113_NTE INEN 916	V03.06.01.03-T-24	50	-	65,0	cm	-
GRAVEDAD API A 60 °F (15.6 °C)	ASTM D1298_NTE INEN 2319	V03.06.01.03-T-04	REPORTE	REPORTE	7,1	*API	±N/A
DENSIDAD RELATIVA (15.6/15.6°C)	ASTM D1298_NTE INEN 2319	V03.06.01.03-T-04	REPORTE	REPORTE	1,0209	-	±N/A
GRAVEDAD ESPECÍFICA 25/25 °C	ASTM 70	V03.06.01.03-T-57	REPORTE	REPORTE	1,010	-	±0.002
PUNTO DE ABLANDAMIENTO*	ASTM D36		-	-	48,2	°C	-
INDICE DE PENETRACION*	ASTM D5		-1.5	1	-0,6	-	-
CAMBIO DE MASA*	ASTM D2872	V03.06.01.03-T-30	-	1	-0,200	%P	-
*API OBSERVADO: 14.385							
TEMPERATURA OBSERVADA: 83.4 °C							
OBSERVACIONES:							

Figura 21 Propiedades del ligante bituminoso

Fuente: (Noboa, 2022)

Anexo 4 Fórmula de trabalho

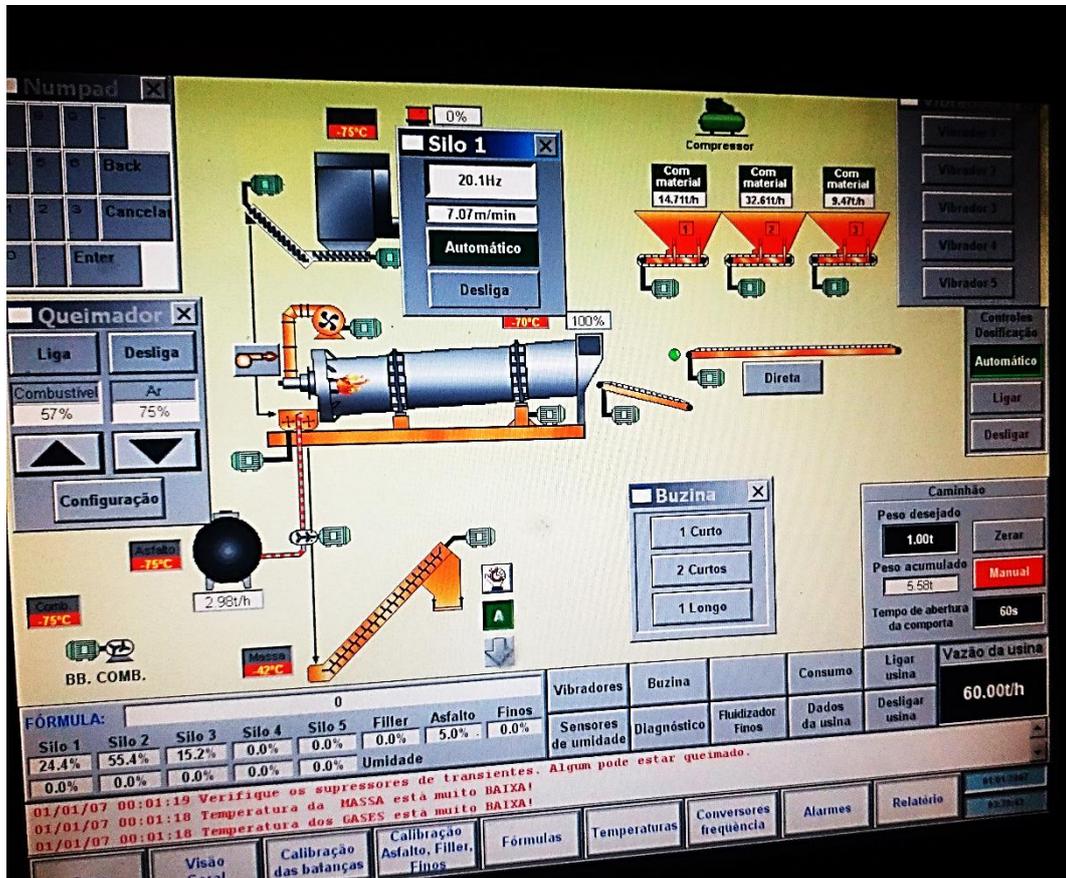


Figura 22 Dosificación de Planta  
Fuente: (Noboa, 2022)

Anexo 5 Peso específico árido fino y grueso

Tabla 35 *Peso específico agregado fino*

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b>			
		<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>			
		<b>ESCUELA DE CIVIL</b>			
<b>ENSAYO:</b>		<b>PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO NORMA NTE INEN 856</b>			
<b>REALIZADO POR:</b>		Noboa Cocalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> Agregado Fino Arena	
<b>TUTOR:</b>		Ing. Vladimir Pazmiño			
<b>UBICACIÓN:</b>		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH			
<b>TABULACION DE DATOS</b>					
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>					
A=	510	gramos			
B=	1238,6	gramos			
C=	1559,5	gramos			
S=	500	gramos			
<b>ÁRIDO SECO AL HORNO INICIAL ANTES QUE ENTRE AL AGUA</b>					
<b>PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO</b>					
1. Gravedad Especifica BULK (SH)		$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica)\ (SH) = \frac{A}{(B + S - C)}$			
	<b>SH=</b>	<b>2,848</b>			
<b>ÁRIDO FINO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (SSS)</b>					
<b>PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO</b>					
2. Gravedad específica (SSS)		$Densidad\ relativa\ (gravedad\ específica)\ (SSS) = \frac{S}{(B + S - C)}$			
	<b>SSS=</b>	<b>2,792</b>			
<b>ÁRIDO FINO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (SSS)</b>					
<b>PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO</b>					
1. Gravedad específica aparente		$Densidad\ relativa\ aparente\ (gravedad\ específica\ aparente) = \frac{A}{(B + A - C)}$			
	<b>SH=</b>	<b>2,697</b>			

**Tabla 36** *Peso específico agregado grueso 3/8''*

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b>			
<b>ENSAYO:</b>		<b>PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO 3/8 NORMA NTE INEN 857</b>	
<b>REALIZADO POR:</b>		Noboa Cucalón Doménica Belén	
<b>TUTOR:</b>		Ing. Vladimir Pazmiño	
<b>UBICACIÓN:</b>		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH	
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			A = masa en aire de la muestra seca al horno, g, B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g, y C = masa aparente en agua de la muestra saturada, g.
A=	2000,1	gramos	
B=	2621	gramos	
C=	1213,3	gramos	
<b>MUESTRA INICIAL</b>			
1. Gravedad específica BULK (SH)		<b>Densidad relativa (gravedad específica) (SH) = <math>\frac{A}{(B - C)}</math></b>	
	<b>SH=</b>	<b>1,421</b>	
<b>SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (SSS)</b>			
2. Gravedad específica (SSS)		<b>Densidad relativa (gravedad específica) (SSS) = <math>\frac{B}{(B - C)}</math></b>	
	<b>SSS=</b>	<b>1,862</b>	
1. Gravedad específica aparente		<b>Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (SSS) = <math>\frac{A}{(A - C)}</math></b>	
	<b>SSS=</b>	<b>2,542</b>	

**Tabla 37** *Peso específico agregado grueso 3/4*

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b>			
<b>ENSAYO:</b>		<b>PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO 3/4 NORMA NTE INEN 857</b>	
<b>REALIZADO POR:</b>		Noboa Cucalón Doménica Belén	
<b>TUTOR:</b>		Ing. Vladimir Pazmiño	
<b>UBICACIÓN:</b>		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH	
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			A = masa en aire de la muestra seca al horno, g, B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g, C = masa aparente en agua de la muestra saturada, g.
A=	3000,6	gramos	
B=	3542	gramos	
C=	1833,4	gramos	
<b>MUESTRA INICIAL</b>			
1. Densidad relativa (gravedad específica) SH		<b>Densidad relativa (gravedad específica) (SH) = <math>\frac{A}{(B - C)}</math></b>	
	<b>SH=</b>	<b>1,756</b>	
<b>SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (SSS)</b>			
2. Densidad relativa (gravedad específica) SSS		<b>Densidad relativa (gravedad específica) (SSS) = <math>\frac{B}{(B - C)}</math></b>	
	<b>SSS=</b>	<b>2,073</b>	
1. Densidad relativa APARENTE (gravedad específica aparente)		<b>Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (SSS) = <math>\frac{A}{(A - C)}</math></b>	
	<b>SSS=</b>	<b>2,571</b>	

**Anexo 6** Abrasión de agregados

**Tabla 38** Abrasión de los agregados

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 	
<b>ENSAYO:</b> <i>ABRACION NORMA NTE INEN 860</i>	
<b>REALIZADO POR:</b>	Noboa Cucalón Doménica Belén
<b>TUTOR:</b>	Ing. Vladimir Pazmiño
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH
<b>TABULACION DE DATOS</b>	
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>	
B=	5000      gramos
C=	3892      gramos
<b>ABRASIÓN</b>	
Degradación $D = \frac{B - C}{B} \times 100$	
<b>D=</b>	<b>22,16</b> %

**Anexo 7** Angularidad



*Figura 23* Ensayo de angularidad  
 Fuente: (Noboa, 2022)

## Anexo 8 Procedimiento Marshall

### Tabla 39 Mezcla asfáltica de control

FECHA		CÓDIGO	DOSIFICACIÓN	h (cm)	d (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm <sup>3</sup> )	ESTABILIDAD			FLUJO	
MUESTRA	ENSAYO						Seco (g)	SSS (g)	Agua (g)		Lectura (lb)	FC	Corregido (lb)	Lectura (pulg)	1/100 (plg)
11/2/2022	12/2/2022	1N	95% agregado, 5% asfalto	6,32	10,13	509,361	1189,79	1192,34	693,7	2,386	3462	1	3462	0,141	14,1
		2N		6,613	10,14	534,028	1191,9	1212,96	683,24	2,250	3941	0,96	3783,36	0,138	13,8
		3N		6,12	10,21	501,064	1201,95	1210,13	697,47	2,345	3327	1	3327	0,136	13,6
		4N		6,133	10,22	503,112	1185,31	1190,32	694,19	2,389	4313	1,04	4485,52	0,143	14,3
		5N		6,388	10,25	527,112	1162,48	1172,89	666,55	2,296	3459	0,96	3320,64	0,137	13,7

### Tabla 40 Briquetas mezcla modificada mascarillas como agregado al 6%

FECHA		CÓDIGO	DOSIFICACIÓN	h (cm)	d (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm <sup>3</sup> )	ESTABILIDAD			FLUJO	
MUESTRA	ENSAYO						Seco (g)	SSS (g)	Agua (g)		Lectura (lb)	FC	Corregido (lb)	Lectura (pulg)	1/100 (plg)
11/2/2022	12/2/2022	1,6	89% agregado, 6% mascarilla y 5% asfalto	6,655	10,22	545,933	1170	1166,55	640,88	2,226	12729	0,93	11837,97	0,0155	1,55
		2,6		6,638	10,25	547,741	1179,15	1180,02	643,49	2,198	11295	0,89	10052,55	0,019	1,9
		3,6		6,413	10,25	529,174	1161,72	1170,8	646,79	2,217	11129	0,96	10683,84	0,02	2

**Tabla 41 Briquetas mezcla modificada mascarillas como agregado al 10%**

FECHA		CÓDIGO	DOSIFICACIÓN	h(cm)	d (cm)	Volumen (cm3)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm3)	ESTABILIDAD			FLUJO	
MUESTRA	ENSAYO						Seco (g)	SSS (g)	Agua (g)		Lectura (lb)	FC	Corregido (lb)	Lectura (pulg)	1/100 (plg)
16/3/2022	17/3/2022	10,1	85% agregado, 10% mascarilla y 5% asfalto	7,14	10,2	583,430	1167,73	1169	618,6	2,122	13292	0,83	11032,36	0,043	4,3
		10,2		7	10,24	576,485	1180,61	1181	612,7	2,077	14266	0,83	11840,78	0,04	4
		10,3		6,79	10,21	555,919	1154,16	1155	602,7	2,090	14223	0,89	12658,47	0,057	5,7

**Tabla 42 Briquetas mezcla modificada mascarillas como agregado al 15%**

FECHA		CÓDIGO	DOSIFICACIÓN	h(cm)	d (cm)	Volumen (cm3)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm3)	ESTABILIDAD			FLUJO	
MUESTRA	ENSAYO						Seco (g)	SSS (g)	Agua (g)		Lectura (lb)	FC	Corregido (lb)	Lectura (pulg)	1/100 (plg)
16/3/2022	17/3/2022	15,2	80% agregado, 15% mascarilla y 5% asfalto	7,56	10,16	612,913	1174,27	1175	566,7	1,930	12893	0,76	9798,68	0,031	3,1
		15,3		7,705	10,14	622,212	1164,83	1166	568,4	1,949	12435	0,76	9450,6	0,035	3,5
		15,4		8,06	10,19	657,315	1219,9	1221	578,7	1,899	13172	0,76	10010,72	0,04	4

**Tabla 43 Briquetas mezcla modificada vía húmeda al 1%**

FECHA		CÓDIGO	DOSIFICACIÓN	h(cm)	d (cm)	Volumen (cm3)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm3)	ESTABILIDAD			FLUJO	
MUESTRA	ENSAYO						Seco (g)	SSS (g)	Agua (g)		Lectura (lb)	FC	Corregido (lb)	Lectura (pulg)	1/100 (plg)
16/3/2022	17/3/2022	11	95% agregado, 1% mascarilla y 4% asfalto	6,546	10,225	537,517	1186,33	1201	680,7	2,280	3455	0,93	3213,15	0,03	3
		12		6,473	10,243	533,396	1174,27	1190	674,7	2,279	2880	0,96	2764,8	0,025	2,5
		13 (152)		6,483	10,182	527,876	1165	1167	654,8	2,275	3877	0,96	3721,92	0,023	2,3

**Tabla 44 Briquetas mezcla modificada vía húmeda al 1.5%**

FECHA		CÓDIGO	DOSIFICACIÓN	h(cm)	d (cm)	Volumen (cm3)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm3)	ESTABILIDAD			FLUJO	
MUESTRA	ENSAYO						Seco (g)	SSS (g)	Agua (g)		Lectura (lb)	FC	Corregido (lb)	Lectura (pulg)	1/100 (plg)
16/3/2022	17/3/2022	C151	95% agregado, 1,5% mascarilla y 3,5% asfalto	6,444	10,24	530,695	1185	1188	676,3	2,316	4915	0,96	4718,4	0,015	1,5
		153		6,361	10,282	528,166	1188	1192	679,3	2,317	4052	0,96	3889,92	0,014	1,4
		155		6,298	10,247	519,381	1190	1193	684,7	2,341	4941	1	4941	0,022	2,2

**Tabla 45 Briquetas mezcla modificada vía húmeda al 2%**

FECHA		CÓDIGO	DOSIFICACIÓN	h(cm)	d (cm)	Volumen (cm3)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm3)	ESTABILIDAD			FLUJO	
MUESTRA	ENSAYO						Seco (g)	SSS (g)	Agua (g)		Lectura (lb)	FC	Corregido (lb)	Lectura (pulg)	1/100 (plg)
16/3/2022	17/3/2022	21	95% agregado, 2% mascarilla y 3% asfalto	6,55	10,321	547,993	1186	1188	668,3	2,282	5448	0,89	4848,72	0,035	3,5
		22		6,489	10,191	529,299	1193	1196	679,1	2,308	4316	0,96	4143,36	0,025	2,5
		23 (154)		6,223	10,191	507,602	1185	1188	682,7	2,345	4062	1,04	4224,48	0,026	2,6

**Anexo 9** Mascarillas procesadas



*Figura 24 Mascarillas para vía seca*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*



*Figura 25 Mascarilla para vía húmeda*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*

**Anexo 10** Preparación de mezcla asfáltica en caliente



*Figura 26* Modificación del ligante  
*Fuente:* (Noboa, 2022)

**Anexo 11** Desarrollo de las mezclas asfálticas



*Figura 27* Mezcla convencional  
*Fuente:* (Noboa, 2022)



*Figura 28 Mezcla con mascarillas vía seca*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*

#### **Anexo 12 Compactación de la mezcla**



*Figura 29 Energía de compactación*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*



*Figura 30 Información de las muestras compactadas*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*

**Anexo 13** Gravedad Específica Bulk de la muestra



*Figura 31 Densidad de BULK*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*



*Figura 32 Briquetas de HMA*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*

#### **Anexo 14** Ensayo Marshall



*Figura 33 Preparación de briquetas*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*



*Figura 34 Estabilidad y fluencia Marshall*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*



*Figura 35 Mezcla asfáltica control*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*

Anexo 15 Vacíos en el agregado Mineral

**Tabla 46** %VAM de las briquetas con mezclas convencional

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 	
<b>ENSAYO:</b> % de Vacíos en los minerales VAM	
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica	<b>MUESTRA:</b> General
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH	
<b>TABULACION DE DATOS</b>	
<b>Dosificación Inicial FÓRMULA MAESTRA COVIPAL</b>	
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>	
Peso Especifico 3/4"=	2,571      gramos      % agregado 3/4"=      25,68      %
Peso Especifico 3/8"=	2,542      gramos      % agregado 3/8"=      58,32      %
Peso Especifico Arena=	2,697      gramos      % agregado Arena=      16      %
Peso Especifico Mascarillas=	0,91      gramos
<b>Gravedad BULK</b>	
1N	2N      3N      4N      5N      %AGRE
2,386070111	2,25005663      2,34454      2,389111725      2,295849      0,95
<b>1. Peso específico promedio del agregado total (Gagre)</b> 100 $Gagre = \frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}$ P1, n= Porcentajes de la mezcla G1, n= Peso específico de cada material	
Gagre=	2,573114144
<b>2. % en volúmen agregado Vs Volumen total (Vagre)</b> %Agre * Gb $Vagre = \frac{\%Agre * Gb}{Gagre}$ % Agre= % agregados Gb= Gravedad Bulk Gagre= Peso específico promedio del agregado total	
Vagre 1N=	88,09428881
Vagre 2N=	83,07263816
Vagre 3N=	86,56085189
Vagre 4N=	88,20658594
Vagre 5N=	84,76329015
<b>3. % DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL</b> $V_{am} = 100 - V_{agre}$	
% VAM 1N=	11,90571119
% VAM 2N=	16,92736184
% VAM 3N=	13,43914811
% VAM 4N=	11,79341406
% VAM 5N=	15,23670985

**Tabla 47 % VAM de las briquetas modificadas como agregado al 6%**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 			
<b>ENSAYO:</b> % de Vacíos en los minerales VAM			
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén	<b>MUESTRA:</b> General		
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH			
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS Al 6% CON MASCARILLAS COMO AGREGADO</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso Específico 3/4"=	2,571      gramos      % agregado 3/4"=      25,68      %		
Peso Específico 3/8"=	2,542      gramos      % agregado 3/8"=      52      %		
Peso Específico Arena=	2,697      gramos      % agregado Arena=      16      %		
Peso Específico Mascarillas=	0,91      gramos      Mascarilla=      6,32      %		
<b>Gravedad BULK</b>			
1,6	2,6	3,6	<b>%AGRE</b>
2,225730972	2,19773358	2,216980592	<b>0,95</b>
<b>1. Peso específico promedio del agregado total (Gagre)</b>		100	
P1, n= Porcentajes de la mezcla		$Gagre = \frac{P1/G1 + P2/G2 + \dots + Pn/Gn}{100}$	
G1, n= Peso específico de cada material			
Gagre=	2,308283359		
<b>2. % en volúmen agregado Vs Volumen total (Vagre)</b>		$\%Agre * Gb$	
% Agre= % agregados		$Vagre = \frac{\%Agre * Gb}{Gagre}$	
Gb= Gravedad Bulk			
Gagre= Peso específico promedio del agregado total			
Vagre 1,6=	91,60246357		
Vagre 2,6=	90,45019957		
Vagre 3,6=	91,24233184		
<b>3. % DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL VAM=</b>		$Vam = 100 - Vagre$	
VAM 1,6=	8,397536425		
VAM 2,6=	9,549800427		
VAM 3,6=	8,757668161		

**Tabla 48 % VAM de las briquetas modificadas como agregado al 10%**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 			
<b>ENSAYO:</b> % de Vacíos en los minerales VAM			
<b>REALIZADO POR:</b>	Noboa Cucalón Doménica Belé <b>MUESTRA:</b> General		
<b>TUTOR:</b>	Ing. Vladimir Pazmiño <b>FECHA DE ENSAYO:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH		
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS AL 10% CON MASCARILLAS COMO AGREGADO</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso Específico 3/4"=	<b>2,571</b> gramos % agregado 3/4"= <b>25,68</b> %		
Peso Específico 3/8"=	<b>2,542</b> gramos % agregado 3/8"= <b>47,79</b> %		
Peso Específico Arena=	<b>2,697</b> gramos % agregado Arena= <b>16</b> %		
Peso Específico Mascarillas=	<b>0,91</b> gramos Mascarilla= <b>10,53</b> %		
<b>Gravedad BULK</b>			
10,1	10,2	10,3	<b>%AGRE</b>
2,121602471	2,077441492	2,08973384	<b>0,95</b>
<b>1. Peso específico promedio del agregado total (Gagre)</b>		100	
P1, n= Porcentajes de la mezcla		$Gagre = \frac{P1/G1 + P2/G2 + \dots + Pn/Gn}{\dots}$	
G1, n= Peso específico de cada material			
Gagre=	2,160180171		
<b>2. % en volumen agregado Vs Volumen total (Vagre)</b>		$\%Agre * Gb$	
% Agre= % agregados		$Vagre = \frac{\dots}{Gagre}$	
Gb= Gravedad Bulk			
Gagre= Peso específico promedio del agregado total			
Vagre 10,1=	93,30343711		
Vagre 10,2=	91,36133384		
Vagre 10,3=	91,90192443		
<b>3. % DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL VAM</b>		$Vam = 100 - Vagre$	
<b>VAM 10,1=</b>	<b>6,696562887</b>		
<b>VAM 10,2=</b>	<b>8,638666161</b>		
<b>VAM 10,3=</b>	<b>8,098075571</b>		

**Tabla 49** % VAM de las briquetas modificadas como agregado al 15%

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 			
<b>ENSAYO:</b>	<b>% de Vacíos en los minerales VAM</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Noboa Cucalón Doménica Belén <b>MUESTRA: General</b>		
<b>TUTOR:</b>	Ing. Vladimir Pazmiño <b>FECHA DE ENSAYO:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH		
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS AL 15% CON MASCARILLAS COMO AGREGADO</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso Específico 3/4"=	<b>2,571</b> gramos % agregado 3/4"= <b>25,68</b> %		
Peso Específico 3/8"=	<b>2,542</b> gramos % agregado 3/8"= <b>42,53</b> %		
Peso Específico Arena=	<b>2,697</b> gramos % agregado Arena= <b>16</b> %		
Peso Específico Mascarillas=	<b>0,91</b> gramos Mascarilla= <b>15,79</b> %		
<b>Gravedad BULK</b>			
15,2	15,3	15,4	<b>%AGRE</b>
1,930412625	1,949180054	1,899268255	<b>0,95</b>
<b>1. Peso específico promedio del agregado total (Gagre)</b>		<b>100</b>	
P1, n= Porcentajes de la mezcla		$Gagre = \frac{100}{P1/G1 + P2/G2 + \dots + Pn/Gn}$	
G1, n= Peso específico de cada material			
<b>Gagre=</b>		<b>1,999863294</b>	
<b>2. % en volumen agregado Vs Volumen total (Vagre)</b>		<b>%Agre * Gb</b>	
% Agre= % agregados		$Vagre = \frac{\%Agre * Gb}{Gagre}$	
Gb= Gravedad Bulk			
Gagre= Peso específico promedio del agregado total			
Vagre 15,2=		91,70086774	
Vagre 15,3=		92,59238152	
Vagre 15,4=		90,22140901	
<b>3. % DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL VAM=</b>		<b>Vam = 100 – Vagre</b>	
<b>VAM 15,2=</b>		<b>8,29913226</b>	
<b>VAM 15,3=</b>		<b>7,407618482</b>	
<b>VAM 15,4=</b>		<b>9,778590991</b>	

**Tabla 50 % VAM briquetas modificadas por vía húmeda al 1%**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 			
<b>ENSAYO:</b>	<i>% de Vacíos en los minerales VAM</i>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Noboa Cucalón Doménica I <b>MUESTRA: General</b>		
<b>TUTOR:</b>	Ing. Vladimir Pazmiño <b>FECHA DE ENSAYO:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH		
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS MEZCLA EN CALIENTE 1%</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso Específico 3/4"=	<b>2,571</b> gramos % agregado 3/4"= <b>25,68</b> %		
Peso Específico 3/8"=	<b>2,542</b> gramos % agregado 3/8"= <b>58,32</b> %		
Peso Específico Arena=	<b>2,697</b> gramos % agregado Arena= <b>16</b> %		
Peso Específico Mascarillas=	<b>0,91</b> gramos		
<b>Gravedad BULK</b>			
11	12	13	<b>%AGRE</b>
<b>2,280088411</b>	<b>2,278808461</b>	<b>2,274502148</b>	<b>0,95</b>
<b>1. Peso específico promedio del agregado total (Gagre)</b>			
		100	
P1, n= Porcentajes de la mezcla		Gagre = $\frac{P1/G1 + P2/G2 + \dots + Pn/Gn}{n}$	
G1, n= Peso específico de cada material			
Gagre=		2,573114144	
<b>2. % en volumen agregado Vs Volumen total (Vagre)</b>			
		<b>%Agre * Gb</b>	
% Agre= % agregados		<b>Vagre = <math>\frac{\%Agre * Gb}{Gagre}</math></b>	
Gb= Gravedad Bulk			
Gagre= Peso específico promedio del agregado total			
Vagre 11=		84,18141867	
Vagre 12=		84,13416262	
Vagre 13=		83,97517248	
<b>3. % DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL VA <math>Vam = 100 - Vagre</math></b>			
<b>VAM 11=</b>		<b>15,81858133</b>	
<b>VAM 12=</b>		<b>15,86583738</b>	
<b>VAM 13=</b>		<b>16,02482752</b>	

**Tabla 51 % VAM briquetas modificadas por vía húmeda al 1.5%**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b>			
<b>ENSAYO:</b>		<i>% de Vacíos en los minerales VAM</i>	
<b>REALIZADO POR:</b>	Noboa Cucalón Doménica Belén	<b>MUESTRA:</b>	<b>General</b>
<b>TUTOR:</b>	Ing. Vladimir Pazmiño	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH		
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS MEZCLA EN CALIENTE 1,5%</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso Específico 3/4"=	<b>2,571</b>	gramos	% agregado 3/4"= <b>25,68</b> %
Peso Específico 3/8"=	<b>2,542</b>	gramos	% agregado 3/8"= <b>58,32</b> %
Peso Específico Arena=	<b>2,697</b>	gramos	% agregado Arena= <b>16</b> %
Peso Específico Mascarillas=	<b>0,91</b>	gramos	
<b>Gravedad BULK</b>			
C151	153	155	<b>%AGRE</b>
<b>2,315810045</b>	<b>2,317144529</b>	<b>2,341137124</b>	<b>0,95</b>
<b>1. Peso específico promedio del agregado total (Gagre)</b>		100	
P1, n= Porcentajes de la mezcla		$Gagre = \frac{P1/G1 + P2/G2 + \dots + Pn/Gn}{n}$	
G1, n= Peso específico de cada material			
Gagre=		2,573114144	
<b>2. % en volumen agregado Vs Volumen total (Vagre)</b>		$Vagre = \frac{\%Agre * Gb}{Gagre}$	
% Agre= % agregados			
Gb= Gravedad Bulk			
Gagre= Peso específico promedio del agregado total			
Vagre C151=		85,5002701	
Vagre 153=		85,54953957	
Vagre 155=		86,43535201	
<b>3. % DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL VAM= <math>Vam = 100 - Vagre</math></b>			
<b>VAM C151=</b>		<b>14,4997299</b>	
<b>VAM 153=</b>		<b>14,45046043</b>	
<b>VAM 155=</b>		<b>13,56464799</b>	

Tabla 52 % VAM briquetas modificadas por vía húmeda al 2%

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 			
<b>ENSAYO:</b>	<i>% de Vacíos en los minerales VAM</i>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Noboa Cucalón Doménica Belé <b>MUESTRA:</b> General		
<b>TUTOR:</b>	Ing. Vladimir Pazmiño <b>FECHA DE ENSAYO:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH		
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS MEZCLA EN CALIENTE 2%</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso Específico 3/4"=	<b>2,571</b> gramos % agregado 3/4"= <b>25,68</b> %		
Peso Específico 3/8"=	<b>2,542</b> gramos % agregado 3/8"= <b>58,32</b> %		
Peso Específico Arena=	<b>2,697</b> gramos % agregado Arena <b>16</b> %		
Peso Específico Mascarillas=	<b>0,91</b> gramos		
<b>Gravedad BULK</b>			
21	22	23	<b>%AGRE</b>
<b>2,282085819</b>	<b>2,30798994</b>	<b>2,3451415</b>	<b>0,95</b>
<b>1. Peso específico promedio del agregado total (Gagre)</b>		100	
P1, n= Porcentajes de la mezcla		$Gagre = \frac{P1/G1 + P2/G2 + \dots + Pn/Gn}{n}$	
G1, n= Peso específico de cada material			
Gagre=		2,573114144	
<b>2. % en volumen agregado Vs Volumen total (Vagre)</b>		<b>%Agre * Gb</b>	
% Agre= % agregados		$Vagre = \frac{\%Agre * Gb}{Gagre}$	
Gb= Gravedad Bulk			
Gagre= Peso específico promedio del agregado total			
Vagre 21=		84,25516346	
Vagre 22=		85,21154992	
Vagre 23=		86,58319456	
<b>3. % DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL VAM=</b>		<b>Vam = 100 - Vagre</b>	
<b>VAM 21=</b>		<b>15,74483654</b>	
<b>VAM 22=</b>		<b>14,78845008</b>	
<b>VAM 23=</b>		<b>13,41680544</b>	



*Figura 36 Ensayo de gravedad máxima medida*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*



*Figura 37 Ensayo del VAM*  
*Fuente: (Noboa, 2022)*

Anexo 16 Porcentaje de vacíos en la mezcla

Tabla 53 % Va de las briquetas con mezclas convencional

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 	
<b>ENSAYO:</b> % de Vacíos RICE Va	
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén	<b>MUESTRA:</b> General
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH	
<b>TABULACION DE DATOS</b>	
<b>Dosificación Inicial FÓRMULA MAESTRA COVIPAL</b>	
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>	
Peso de la muestra (3N)	A= 1021 gramos
Peso Picnómetro + Agua	B= 15742 gramos
Peso Picnómetro + agua + material	C= 16350 gramos
<b>2,33312469</b>	
<b>1. RICE=</b>	$RICE = \frac{A}{(A+B)-C}$
	2,472
<b>2. % VACÍOS =</b>	$\%Va = 100 * (1 - (Gb/RICE))$
	<b>5,623849478</b>

Tabla 54 %Va de las briquetas modificadas como agregado al 6%

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b> 	
<b>ENSAYO:</b> % de Vacíos RICE Va	
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén	<b>MUESTRA:</b> General
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH	
<b>TABULACION DE DATOS</b>	
<b>BRIQUETAS Al 6% CON MASCARILLAS COMO AGREGADO</b>	
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>	
Peso de la muestra (2,6)	A= 1113 gramos
Peso Picnómetro + Agua	B= 15742 gramos
Peso Picnómetro + agua + material	C= 16400 gramos
<b>2,213481716</b>	
<b>1. RICE=</b>	$RICE = \frac{A}{(A+B)-C}$
	2,446
<b>2. % VACÍOS =</b>	$\%Va = 100 * (1 - (Gb/RICE))$
	<b>9,511753746</b>

**Tabla 55** %Va de las briquetas modificadas como agregado al 10%

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b>			
<b>ENSAYO:</b>		<i>% de Vacíos RICE Va</i>			
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> General			
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño		<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH					
<b>TABULACION DE DATOS</b>					
<b>BRIQUETAS Al 10% CON MASCARILLAS COMO AGREGADO</b>					
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>					
Peso de la muestra (10,3)		A=	1083	gramos	
Peso Picnómetro + Agua		B=	15742	gramos	
Peso Picnómetro + agua + material		C=	16350	gramos	
		<b>2,096259268</b>			
1.RICE=	$RICE = \frac{A}{(A+B)-C}$		2,280		
2. % VACÍOS =	$\%Va = 100 * (1 - (Gb/RICE))$		<b>8,058804044</b>		

**Tabla 56** %Va de las briquetas modificadas como agregado al 15%

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b>			
<b>ENSAYO:</b>		<i>% de Vacíos RICE Va</i>			
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> General			
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño		<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH					
<b>TABULACION DE DATOS</b>					
<b>BRIQUETAS Al 15% CON MASCARILLAS COMO AGREGADO</b>					
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>					
Peso de la muestra (15,3)		A=	1100	gramos	
Peso Picnómetro + Agua		B=	15742	gramos	
Peso Picnómetro + agua + material		C=	16350	gramos	
		<b>1,926286978</b>			
1.RICE=	$RICE = \frac{A}{(A+B)-C}$		2,236		
2. % VACÍOS =	$\%Va = 100 * (1 - (Gb/RICE))$		<b>13,84243699</b>		

Tabla 57 %Va de las briquetas modificadas por vía húmeda al 1%

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE CIVIL 			
<b>ENSAYO:</b>		<i>% de Vacíos RICE Va</i>	
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> General	
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño		<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH			
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS MEZCLA EN CALIENTE 1%</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso de la muestra (C151)	A=	1125	gramos
Peso Picnómetro + Agua	B=	15742	gramos
Peso Picnómetro + agua + material	C=	16400	gramos
		2,277799673	
1. RICE =		$RICE = \frac{A}{(A+B)-C}$	
		2,409	
2. % VACÍOS =		$\%Va = 100 * (1 - (Gb/RICE))$	
		5,446004682	

Tabla 58 %Va de las briquetas modificadas por vía húmeda al 1.5%

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE CIVIL 			
<b>ENSAYO:</b>		<i>% de Vacíos RICE Va</i>	
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> General	
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño		<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH			
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS MEZCLA EN CALIENTE 1,5%</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso de la muestra (12)	A=	1180	gramos
Peso Picnómetro + Agua	B=	15742	gramos
Peso Picnómetro + agua + material	C=	16450	gramos
		2,324697233	
1. RICE =		$RICE = \frac{A}{(A+B)-C}$	
		2,500	
2. % VACÍOS =		$\%Va = 100 * (1 - (Gb/RICE))$	
		7,012110698	

**Tabla 59** %Va de las briquetas modificadas por vía húmeda al 2%

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE CIVIL</b>			
<b>ENSAYO:</b>		<b>% de Vacíos RICE Va</b>	
<b>REALIZADO POR:</b> Noboa Cucalón Doménica Belén		<b>MUESTRA:</b> General	
<b>TUTOR:</b> Ing. Vladimir Pazmiño		<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de la UNACH			
<b>TABULACION DE DATOS</b>			
<b>BRIQUETAS MEZCLA EN CALIENTE 2%</b>			
<b>INGRESAR ESTOS DATOS:</b>			
Peso de la muestra (21)	<b>A=</b>	<b>1138</b>	gramos
Peso Picnómetro + Agua	<b>B=</b>	<b>15742</b>	gramos
Peso Picnómetro + agua + material	<b>C=</b>	<b>16400</b>	gramos
		<b>2,311739086</b>	
<b>1. RICE =</b>	$RICE = \frac{A}{(A+B)-C}$	2,371	
<b>2. % VACÍOS =</b>	$\%Va = 100 * (1 - (Gb/RICE))$		<b>2,492551721</b>