



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“USO DE UN MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA REDUCIR EL  
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE”**

**Línea de investigación:**

**Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio.**

**Modalidad de Suficiencia Profesional para obtener el Título Profesional de  
Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Correa Meza, Sergio Leonardo**

**Asesor:**

**Pumaricra Padilla, Raul Valentin**

**(ORCID: 0000-0002-7037-4396)**

**Jurado:**

**Bedia Guillen, Ciro Sergio**

**Tabory Malpartida, Gustavo Tabory**

**Arévalo Vida, Samir Augusto**

**Lima – Perú**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme salud y las fuerzas necesarias para concretar paso a paso las metas propuestas.

A mis dos hijas, quienes fueron la principal motivación de este logro, a ustedes con mucho amor.

A Lorena, por ser mi compañera perfecta, quien con su amor, comprensión y consejos guía mi camino.

A mis padres y hermano, por su inmenso amor, sacrificio y abnegada dedicación para llegar a ser una persona de bien.

A mis abuelos Alejandrina, Gregorio, Misael, Enrique y Rosa, por enseñarme la nobleza y amor al prójimo, su recuerdo los llevo siempre conmigo.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1.1. Trayectoria del Autor .....	4
1.2. Descripción de la empresa.....	5
1.3. Organigrama de la Empresa.....	6
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	6
<b>II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA</b> .....	8
2.1. Planteamiento del problema.....	8
2.2. Formulación del problema.....	9
2.2.1. <i>Problema Principal</i> .....	9
2.2.2. <i>Problemas específicos</i> .....	9
2.3. Objetivos.....	9
2.3.1. <i>Objetivo principal</i> .....	9
2.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	9
2.4. Hipótesis .....	10
2.4.1. <i>Hipótesis principal</i> .....	10
2.4.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....	10
2.5. Justificación .....	10
2.6. Marco Teórico .....	11
2.6.1. <i>Antecedentes</i> .....	11
2.6.1.1. Antecedentes nacionales .....	11
2.6.1.2. Antecedentes Internacionales.....	13
2.6.2. <i>Bases teóricas sobre el tema de investigación</i> .....	17
2.6.2.1. Concepto de una mezcla asfáltica en caliente.....	17
2.6.2.2. Gradación de una mezcla asfáltica en caliente.....	17
2.6.2.3. Caracterización de agregados.....	19
2.6.2.4. Cemento asfáltico .....	21
2.6.2.5. Refinación del asfalto. ....	22
2.6.2.6. Propiedades químicas y pruebas para hallar las cualidades del cemento asfáltico. ....	23
2.6.2.7. Nanotecnología.....	30
2.6.2.8. Mejoradores de adherencia. ....	31
2.6.2.9. Diseño de Mezcla Asfáltica en caliente.....	33
2.6.2.10. Método Marshall.....	33
2.7. Método.....	40
2.7.1. <i>Tipo de investigación</i> .....	40

2.7.2. <i>Ámbito temporal y espacial</i> .....	40
2.7.2.1. <i>Ámbito temporal</i> .....	40
2.7.2.2. <i>Ámbito espacial</i> .....	41
2.7.3. <i>Variables</i> .....	41
2.7.3.1. <i>Variables dependientes, independientes e indicadores</i> .....	41
2.7.4. <i>Población y muestra</i> .....	42
2.7.5. <i>Personal calificado e instrumentos</i> .....	42
2.8. <i>Procedimientos</i> .....	42
2.8.1. <i>Planteamiento experimental</i> .....	43
2.8.2. <i>Fabricación de briquetas</i> .....	47
2.8.3. <i>Pruebas y ensayos realizados a las briquetas</i> .....	59
2.8.3.1. <i>Peso Unitario de la briqueta</i> .....	59
2.8.3.2. <i>Ensayo Rice y Porcentaje de Vacíos</i> .....	61
2.8.3.3. <i>Vacíos en el agregado mineral (VMA)</i> .....	62
2.8.3.4. <i>Vacíos llenos con asfalto (VAF)</i> .....	63
2.8.3.5. <i>Estabilidad y flujo</i> .....	63
2.9. <i>Análisis de Datos</i> .....	65
2.10. <i>Discusión de resultados</i> .....	74
<b>III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA</b> .....	77
<b>IV. CONCLUSIONES</b> .....	78
<b>V. RECOMENDACIONES</b> .....	79
<b>VI. REFERENCIAS</b> .....	80
<b>VII. ANEXOS</b> .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1. <i>Gradación para mezclas asfálticas densas – ASTM D 3515</i> .....	18
Tabla Nº 2. <i>Requerimientos de ensayos físicos – químicos para el agregado grueso</i> .....	20
Tabla Nº 3. <i>Requerimientos de ensayos físicos – químicos para el agregado fino</i> .....	21
Tabla Nº 4. <i>Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración PEN 60-70</i> .....	26
Tabla Nº 5. <i>Requisitos para mezcla asfáltica en caliente</i> .....	38
Tabla Nº 6. <i>Operacionalización de variables</i> .....	41
Tabla Nº 7. <i>Resultados de los ensayos físico-químicos al agregado grueso</i> .....	44
Tabla Nº 8. <i>Resultados de los ensayos físico-químicos al agregado fino</i> .....	44
Tabla Nº 9. <i>Cantidad de briquetas y sus ensayos</i> .....	45

Tabla N° 10. <i>Porcentaje de participación de agregado fino y grueso</i> .....	46
Tabla N° 11. <i>Dosificación de briquetas</i> .....	46
Tabla N° 12. <i>Dosificación del aditivo.</i> .....	49
Tabla N° 13. <i>Resultados de los ensayos Marshall</i> .....	65
Tabla N° 14. <i>Promedio de los resultados Marshall por contenido de cemento asfáltico.</i> .....	66
Tabla N° 15. <i>Resumen de resultados del Ensayo Marshall</i> .....	72
Tabla N° 16. <i>Verificación de exigencias solicitadas en la EG-2013</i> .....	73
Tabla N° 17. <i>Comparativo de óptimos porcentajes de cemento asfáltico</i> .....	73
Tabla N° 18. <i>Cálculo de cantidad de galones de C.A. x m3 de mezcla asfáltica - diseño base</i> .....	74
Tabla N° 19. <i>Cálculo de cantidad de galones de C.A. x m3 de mezcla asfáltica - diseño con mejorador de adherencia</i> .....	75
Tabla N° 20. <i>Costo de fabricación de MAC (diseño base)</i> .....	75
Tabla N° 21. <i>Costo de fabricación de MAC + Mejorador de Adherencia</i> .....	76

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1. <i>Productos y temperaturas típicas de destilación</i> .....	22
Imagen N° 2. <i>Proceso típico de refinación</i> .....	23
Imagen N° 3. <i>Composición química de los Asfaltos</i> .....	25
Imagen N° 4. <i>Diagrama de la Prueba de Penetración</i> .....	27
Imagen N° 5. <i>Ensayo de Punto de Inflamación</i> .....	28
Imagen N° 6. <i>Ensayo de Punto de Ductilidad</i> .....	29
Imagen N° 7. <i>Ilustración de los vacíos en una probeta compactada</i> .....	35
Imagen N° 8. <i>Ingreso de agregados al horno para su calentamiento</i> .....	48
Imagen N° 9. <i>Calentamiento del cemento asfáltico</i> .....	49
Imagen N° 10. <i>Temperatura del cemento asfáltico</i> .....	50
Imagen N° 11. <i>Adición del mejorador de adherencia</i> .....	50
Imagen N° 12. <i>Adición del cemento asfáltico al agregado previamente calentado.</i> .....	52
Imagen N° 13. <i>Mezclado de los materiales para su homogenización para un 5.3 % de C.A.</i> .....	53
Imagen N° 14. <i>Temperatura de la mezcla previa a su compactación para un 5.3 % de C.A.</i> .....	54
Imagen N° 15. <i>Calentamiento en el horno de los moldes Marshall</i> .....	55
Imagen N° 16. <i>Vertido de la mezcla en molde Marshall para un 5.8 % C.A.</i> .....	56
Imagen N° 17. <i>Compactación de la mezcla en molde Marshall para un 6.3 % C.A.</i> .....	57
Imagen N° 18. <i>Mezclado y compactación de la mezcla asfáltica en Laboratorio</i> .....	58
Imagen N° 19. <i>Fabricación de las 12 briquetas mediante el método Marshall.</i> .....	58
Imagen N° 20. <i>Determinación de los pesos secos al aire.</i> .....	60
Imagen N° 21. <i>Determinación del peso sumergido mediante una balanza hidrostática.</i> .....	60

Imagen N° 22. Muestra de mezcla asfáltica con 5.8% de C.A. para ensayo RICE.....	61
Imagen N° 23. Equipo para ensayo RICE.....	62
Imagen N° 24. Colocación de briquetas en baño maría.....	64
Imagen N° 25. Colocación de briquetas en la mordaza Marshall.....	64
Imagen N° 26. Colocación de dial para medición de flujo.....	65

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica N° 1. Organigrama de la empresa Inversiones Jenca S.A.C. ....	6
Gráfica N° 2. % C.A. vs % Vacíos.....	67
Gráfica N° 3. % C.A. vs Estabilidad Marshall .....	68
Gráfica N° 4. % C.A. vs Flujo Marshall.....	69
Gráfica N° 5. % C.A. vs Vacíos Agregado Mineral (VMA).....	70
Gráfica N° 6. % C.A. vs Vacíos Llenos de Asfalto (VAF) .....	71
Gráfica N° 7. % C.A. vs Peso Unitario.....	72

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Cálculo de Peso Unitario .....	59
Ecuación N° 2. Cálculo del % de vacíos .....	61
Ecuación N° 3. Cálculo del % de VMA.....	62
Ecuación N° 4. Cálculo del % de VAF .....	63

## RESUMEN

La finalidad de esta investigación es reducir la cantidad de cemento asfáltico utilizado en la fabricación de mezclas asfálticas, utilizando para ello un mejorador de adherencia; teniendo como motivación la constante alza de precios de los hidrocarburos a nivel mundial, encontrándose entre ellos el cemento asfáltico, necesario para la fabricación de la mezcla en la construcción de pavimentos flexibles. La investigación actual fue de tipo experimental, en donde en condiciones de laboratorio se incorporó al cemento asfáltico un mejorador de adherencia a una dosificación de 0.05%, para luego, con la metodología Marshall, obtener las propiedades volumétricas y mecánicas y compararlas con requisitos solicitados en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), concluyendo que dosificación utilizada brinda una mezcla asfáltica con una reducción de 0.11% de cemento asfáltico con respecto al diseño base y en cumplimiento de todos los parámetros solicitados por el Manual EG-2013. Así mismo, esta reducción del cemento asfáltico en la mezcla logró disminuir los costos de fabricación de la misma en 0.43 soles por m<sup>3</sup>. Se recomienda para futuras investigaciones complementar estos resultados con pruebas de desempeño, tales como deformación y vida fatiga, con la finalidad de poder garantizar una mezcla asfáltica duradera durante su puesta en servicio.

Palabras claves: cemento asfáltico, mejorador de adherencia, mezcla asfáltica.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to improve the amount of asphalt cement used in asphalt mixtures, an adhesion enhancer; having as motivation the constant rise in prices of hydrocarbons globally, including asphalt cement, which is the input indicated for the manufacture of asphalt mixtures used in building flexible pavements. Current research was of experimental type, where under laboratory conditions an adhesion enhancer was incorporated into the asphalt cement at a dosage of 0.05%, to then, with the Marshall methodology, obtain the volumetric, mechanical properties and compare them with requirements requested in the Road Manual: for Construction (EG-2013), concluding that dosing used provides an asphalt mixture with a 0.11% reduction in asphalt cement with respect to the base design and in compliance with all parameters requested by the EG-2013 Manual. Likewise, this reduction of asphalt cement in the aggregate managed to minor manufacturing costs of the same at 0.43 soles per m<sup>3</sup>. It is recommended for future research to complement these results with performance tests, such as permanent forging and fatigue life, to guarantee a durable asphalt mix during commissioning.

Keywords: asphalt cement, adhesion improver, asphalt mix.

## **CAPÍTULO I**

### **I. INTRODUCCIÓN**

A la actualidad, el parque automotor continúa con su crecimiento, logrando crecer al 2021 un 40% respecto al año 2020 y 3.4% respecto al año 2019 conforme lo señala la Superintendencia Nacional de Registros Públicos. Este aumento subraya la necesidad de las personas de trasladarse para fines laborales, turismo u otros motivos, buscando ahorro de tiempo y comodidad en comparación con el transporte público.

En este sentido, el reto de los Gobiernos es ampliar su red vial local, regional y departamental con el fin de satisfacer esta demanda, logrando el desarrollo económico del país y el cierre de brechas sociales. Sin embargo, hoy en día los Gobiernos tienen un reto aún mayor debido a la constante alza de los precios del petróleo, hidrocarburo fundamental en el transporte de las materias primas e insumo necesario del cual se obtiene el cemento asfáltico (C.A).

El trabajo de este grado, de carácter tanto investigativo como exploratorio, tiene como objetivo comparar los porcentajes de utilización de cemento asfáltico entre una mezcla asfáltica convencional y otra con la incorporación de un mejorador de adherencia elaborado en base a la nanotecnología. El objetivo principal será determinar si es posible reducir la medida de cemento asfáltico con uso de nanotecnología, contribuyendo a obtener menores costos de construcción de las mezclas asfálticas en nuestro país.

Actualmente, nanotecnología es ampliamente utilizada para aumentar y/o mejorar las propiedades reológicas y mecánicas del cemento asfáltico, ya que se ha convertido en una ciencia que estudia los materiales desde la escala nanométrica, lo que facilita a los investigadores la manipulación de la materia con el fin de evaluarla y mejorarla.

## **1.1. Trayectoria del Autor**

Egresado en el año 2014 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Inicié mis prácticas pre-profesionales en el año 2011 en obras de edificaciones como Asistente de Oficina Técnica, en donde desempeñaba la función de cuantificar las partidas que formaban parte del presupuesto.

En el año 2012, cuando me encontraba en el sexto ciclo de la carrera, ingresé al programa de E-Prácticas Alternadas de la empresa Odebrecht Perú. Este programa me brindó formación académica y visitas a la obra IIRSA SUR, en donde formé parte de las áreas de Equipos, Producción y Control de Calidad.

Ya como egresado continué trabajando en la empresa Odebrecht Perú como Asistente de Ingeniero del área de Laboratorio y Control de Calidad de suelos, pavimentos y concreto; en donde me encargaba de la calidad de los trabajos de pavimentación, terraplenes, obras de arte y demás trabajos que formaban parte del proyecto. También realizaba los Informes Mensuales que sustentaban las Valorizaciones Mensuales, las cuales eran presentadas al Concedente, el cual era el Estado Peruano.

Así mismo, me encargaba de realizar los Informes Técnicos de Mantenimiento de Señalización Horizontal con la finalidad de otorgar los correctos niveles de retroreflectividad a la vía pavimentada.

Dentro de mi estadía en la empresa Odebrecht, formé parte del equipo de ingeniería que realizó el “Modelo Hidráulico a Escala La Pastora”, modelo que fue realizado en escala 1/60 en el Laboratorio Nacional de Hidráulica. En el proyecto me encargué por velar por el correcto avance del mismo, exigiendo la calidad de los materiales, así como su ejecución acorde a los planos de detalle.

Para el año 2016 laboré en una consultora de ejecución de proyectos, en donde me encargaba de elaborar, formular y revisar expedientes técnicos, además de controlar en campo la ejecución de los mismos.

En el año 2018 me integré a la empresa Cobra Perú, donde participé de la construcción de la Central Hidroeléctrica Hidromanta I, desempeñándome en el área de Control de Calidad. Mis funciones eran velar por la correcta fabricación del concreto y shotcrete, este último siendo utilizado como sostenimiento del túnel de conducción.

En el año 2019 a la actualidad comencé a laborar en la empresa Inversiones Jenca como Responsable de Calidad, en donde me encargo del control de supervisión de los agregados fino y grueso, los cuales deben cumplir las exigencias normativas vigentes nacionales. Así mismo, realizo controles durante la mezcla asfáltica garantizando una correcta fabricación de la misma acorde a los parámetros establecidos en las normativas vigentes. Finalmente, elaboro los Dossiers de Calidad los cuales son entregados a nuestros Clientes.

## **1.2. Descripción de la empresa**

Inversiones Jenca tiene como actividades principales el suministro de mezclas asfálticas en caliente, así como la ejecución de proyectos viales. Actualmente cuenta con una planta volumétrica de asfalto en la Urbanización El Portillo-Carapongo, distrito de Lurigancho.

Tiene como misión satisfacer las necesidades tanto en el ámbito público y privado, siguiendo altos estándares de seguridad, salud y calidad, cumpliendo los compromisos y plazos fijados.

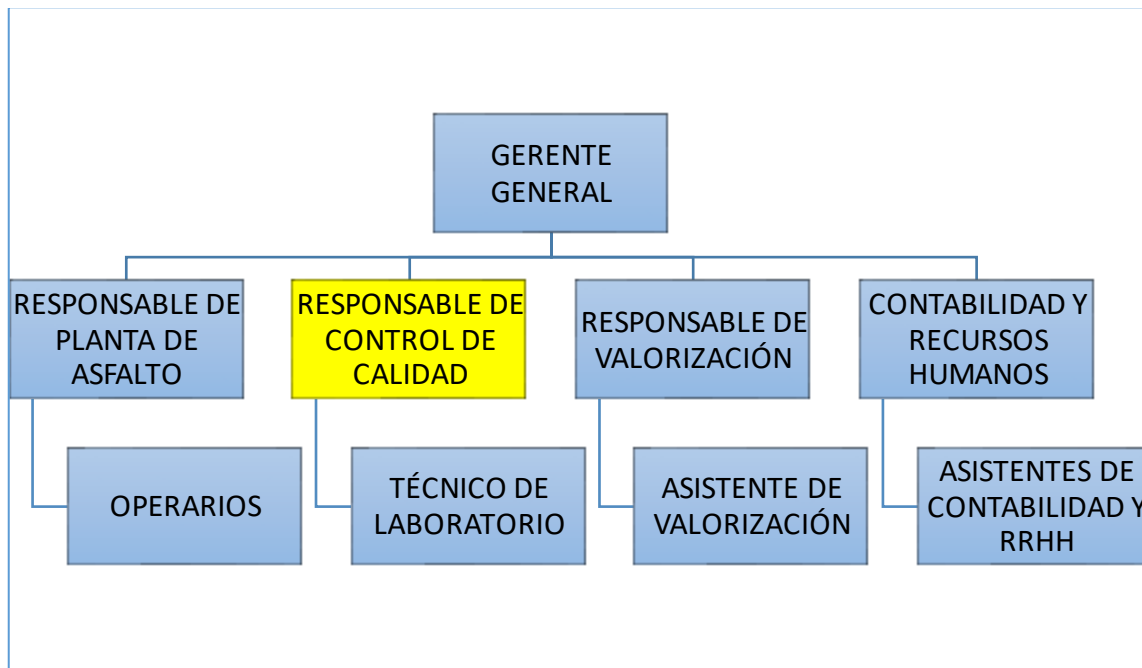
Como visión se plantea ser líder en mercado los proyectos de construcción de pavimentos de asfalto, ofreciendo soluciones integrales a sus clientes mediante la formación de un grupo humano comprometido con la seguridad en el trabajo y la calidad de su servicio.

### 1.3. Organigrama de la Empresa

Como el Gráfico No. 1 señala, estoy a cargo del área de control de calidad.

**Gráfica N° 1.**

*Organigrama de la empresa Inversiones Jenca S.A.C.*



*Nota.* Fuente, elaboración propia.

### 1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Las funciones que vengo desempeñando en la empresa Inversiones Jenca es como Responsable de Control de Calidad, en donde asumo las siguientes responsabilidades:

- Inspección de los agregados: grava, arena, cemento asfáltico y aditivos, garantizando la calidad de éstos.
- Inspección de calidad durante la fabricación de la mezcla asfáltica en caliente.
- Supervisión de los ensayos de calidad.
- Control de costos operativos.

- Supervisión de las obras en donde realizamos la colocación de la mezcla asfáltica.
- Coordinación con ingenieros.
- Supervisión de valorizaciones económicas presentadas a nuestro cliente.

## CAPÍTULO II

### II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

#### 2.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, el asfalto es lo más utilizado para la construcción de vías nacionales, carreteras y caminos vecinales. PROVIAS NACIONAL, en su Memoria Anual 2018 especifica que a diciembre 2018 la Red Vial Nacional alcanzó los 21,434 km. pavimentados, de los cuales 14,898 km. corresponden a carreteras ejecutadas con carpeta asfáltica, la cual representa el 70% aproximadamente del total. Esta condición se debe principalmente a que la construcción de los pavimentos flexibles requiere una menor inversión inicial a comparación de la construcción de pavimentos rígidos.

Existe la necesidad de continuar empleando el asfalto en la construcción de vías nacionales, locales y departamentales; que nos permitan generar nuevas rutas comerciales que aceleren el crecimiento económico y también logren el cierre de brechas sociales.

Sin embargo, a partir de enero 2022 el precio de los hidrocarburos ha batido récord logrando máximos históricos en estos últimos meses. Para la revista BBC, las principales causas de esta alza de precios son la mayor demanda de combustibles motivada por la recuperación económica post pandemia, el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, el veto a las importaciones de petróleo ruso y las sanciones económicas hacia Rusia han agudizado la escalada de precios de los carburantes.

Esto ha motivado que muchos proyectos queden paralizados o los costos de inversión inicial hayan sido reformulados generando un mayor gasto al Estado Peruano y/o empresas privadas, puesto que la cantidad del ligante bituminoso es vital para obtener una mezcla asfáltica duradera, otorgando seguridad y confort al usuario de la vía.

En este sentido, existe una necesidad de apoyarse en la tecnología actual con el fin de

reducir la dosificación del cemento asfáltico en caliente sin comprometer y/o disminuir sus propiedades mecánicas y sus niveles de rendimiento, garantizando el correcto funcionamiento durante su periodo de diseño.

## **2.2. Formulación del problema**

Después de hacer un breve análisis de lo que podría hacerse, cabe formularse las siguientes preguntas:

### **2.2.1. Problema Principal**

¿En qué medida el uso de un mejorador de adherencia influye en la reducción del porcentaje de cemento asfáltico de un pavimento flexible?

### **2.2.2. Problemas específicos**

- ¿En qué medida la dosificación mínima del mejorador de adherencia influye en la obtención de una mezcla asfáltica en caliente en cumplimiento de los parámetros del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013)?
- ¿En qué medida el uso del mejorador de adherencia influye en la reducción del costo de fabricación de la mezcla asfáltica?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo principal**

Determinar en qué medida el uso del mejorador de adherencia Ravasol APS92 influye en la reducción del porcentaje de cemento asfáltico de un pavimento flexible.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar si la dosificación mínima establecida por el fabricante del mejorador

de adherencia Ravasol APS92 brinda una mezcla asfáltica en caliente en cumplimiento de los parámetros del Manual de Carreteras EG-2013.

- Cuantificar la reducción del costo de fabricación de la mezcla asfáltica empleando el mejorador de adherencia Ravasol APS92.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis principal**

El uso del mejorador de adherencia Ravasol APS92 influye significativamente en la reducción del porcentaje de cemento asfáltico de un pavimento flexible.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- La dosificación mínima establecida por el fabricante del mejorador de adherencia RAVASOL APS 92 brinda una mezcla asfáltica en caliente en cumplimiento de los parámetros del Manual de Carreteras EG-2013.
- El uso del mejorador de adherencia Ravasol APS92 influye en la reducción del costo de fabricación de la mezcla asfáltica.

## **2.5. Justificación**

Debido a la coyuntura nacional e internacional referente a los precios del petróleo que suben sostenidamente y con ello del cemento asfáltico, este diseño asfáltico con mejorador de adherencia a base de nanotecnología podría permitir la reducción del contenido de cemento asfáltico, lo que conllevaría a reducir los gastos, significando ahorros cuantiosos al Estado Peruano y las empresas privadas. Así mismo, esta reducción del contenido del ligante

bituminoso contribuiría con la protección del medio ambiente de nuestro ya contaminado planeta tierra.

Así mismo, se pretende ser una guía para los futuros investigadores, con la cual puedan identificar aspectos importantes a tener en cuenta durante la preparación de mezcla asfáltica en caliente con mejorador adherencia en sus diferentes proyectos viales, logrando un hito importante en el desarrollo socioeconómico a favor del Estado Peruano.

## **2.6. Marco Teórico**

Las investigaciones realizadas alrededor del tema de investigación que nos ocupa son de diferentes criterios adoptados por los distintos investigadores, así tenemos:

### **2.6.1. Antecedentes**

#### **2.6.1.1. Antecedentes nacionales**

- Alarcón y Cárdenas (2021), en su investigación, " Mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS para la optimización de las propiedades de la mezcla asfáltica" sostienen:

La investigación se realizó durante varios años en capacidades tecnológicas públicas que se han utilizado a nivel internacional para brindar soluciones a los problemas que enfrentan las carreteras modernas, especialmente donde tienen que soportar condiciones climáticas extremas. Para ello, han utilizado el polímero SBS (estireno-butadieno-estireno) en donde los resultados señalan que las cualidades mecánicas y funcionales de las mezclas asfálticas variadas en polímeros SBS mejoran significativamente, teniendo también un impacto económico favorable debido a la reducción de los costos de mantenimientos rutinarios y periódicos de la vía.

- Balbín y Enrique (2020), su investigación " Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas del Perú" mencionan:

La investigación se realizó debido a un problema que afecta a muchas carreteras del Perú que se encuentran a altas temperaturas. De lo anterior se identificó el origen y las fallas que se producían en los pavimentos de mezcla convencional debido a estas condiciones para luego contrastarlos con las mezclas variadas con polímeros SBS, SBR y EVA. Los resultados mostraron que las cualidades mecánicas y el performance de las mezclas bituminosas con polímeros mejoraron significativamente, demostrando ser beneficiosos en términos de actividad económica a largo plazo, ya que no eran necesarios mantenimientos a edades tempranas.

- Orellana (2016), en su estudio "Análisis del comportamiento y beneficios del asfalto mixto tibio" afirma:

Las preocupaciones ambientales han aumentado en los últimos años; en este sentido, el Perú no es un país que haya olvidado este hecho. La industria del asfalto es el principal proveedor del material que garantiza el funcionamiento de las carreteras de nuestro país: mezcla asfáltica mineral; sin embargo, hay algunas dificultades en su uso. Se ha desarrollado una nueva tecnología denominada mezcla asfáltica tibia, la cual no es muy utilizada y tampoco cuenta con regulaciones en territorio peruano. Esta mezcla asfáltica proporciona temperaturas de mezcla y compactación más bajas que las mezclas asfálticas convencionales. Existen tres métodos principales de producción: el uso de aditivos orgánicos, químicos y espuma bituminosa. Sus principales ventajas son reducción de emisiones y consumo de energía durante la producción, un entorno de trabajo mejorado, distancias de carga más largas y tiempos de colocación más

prolongados.

### **2.6.1.2. Antecedentes Internacionales**

- Casanova (2018), en su investigación “Empleo de mezclas asfálticas variadas con nanotecnología para mejorar el paquete estructural del pavimento flexible en la construcción de los terceros carriles de la vía Bucaramanga - Cuestaboba” sostiene:

El objetivo fue determinar la estructura del pavimento asfáltico del tramo del tercer carril de la carretera Bucaramanga-Custaboba, utilizando para ello la incorporación de nanotubos de carbono sin refinar y nanofibras (NFTC). Se utilizó un enfoque racional, basado en las leyes de fatiga, lo que resultó en una capa bituminosa de menor espesor en comparación con estructuras con mezclas convencionales MDC-19 y MDC-25; además de obtener mediante gráficos un pavimento más duradero en el tiempo en comparación con las mezclas convencionales, demostrando con ello que el uso de la nanotecnología en la mezcla asfáltica ha generado un progreso significativamente combatiendo las patologías que afectan al pavimento asfáltico y su durabilidad durante su puesta en servicio.

- Maila (2013), en su estudio “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)” sostiene:

Está dirigido a aumentar el desempeño de las mezclas asfálticas por medio de la incorporación de polímeros de etileno acetato de vinilo (EVA). Se ensayaron mezclas tradicionales y modificadas según sus respectivas normas, como Marshall, Cántabro y módulo dinámico de elasticidad, que es el estudio más representativo, ya que mediante la tecnología avanzada COOPER TECHNOLOGY se puede determinar las deformaciones de las mezclas a diferentes gradientes térmicas. Los resultados obtenidos

indicaron una mejora significativa en las mezclas asfálticas, lo que llevó a concluir que la adición de polímeros EVA a mezclas convencionales asegura su durabilidad y mejora sus propiedades físicas y mecánicas para reducir desgaste inducido por carga y clima en la carretera.

- Jiménez (2013), en su estudio “Mejoramiento del asfalto 60/70 y la mezcla asfáltica MDC-2 con nanotubos de carbono obtenidos a partir de metano vía catalítica” sostiene:

Se elaboró un plan experimental para el periodo de degradación catalítica. La actividad se ejecutó usando catalizador Ni-Cu-Al y metano en condiciones isotérmicas a 700 °C durante 3 h sin solvente. Bajo estas condiciones, se obtuvo el rendimiento más alto de 6,17 g CNTs/g catalizador. Los nanotubos de carbono se caracterizaron mediante análisis termogravimétrico, microscopía electrónica de transmisión. Los asfaltos 60/70 convencionales y modificados se sometieron a caracterizaciones reológicas, mecánicas y químicas, mientras que las mezclas asfálticas MDC-2 (convencionales y modificadas) sometieron a pruebas dinámicas para analizar la resistencia a la fatiga.

- Escobar y Tunala (2019), en su estudio “Comparación de las conductas de mezclas asfálticas tibias (WMA) y mezclas asfálticas en caliente (HMA) con agregados de la mina de Guayllabamba” sostienen:

El uso de mezclas asfálticas modificadas cubre un área muy amplia en cuanto a la mejora de las cualidades de la mezcla modificada; sin embargo, el asfalto en caliente tradicional es el más utilizado en las carreteras de nuestro país y es más económico que las mezclas modificadas debido a la forma en que se prepara, los materiales utilizados, la mano de obra y la investigación realizada para su diseño. Por estas razones, el uso de

esta mezcla tradicional es el método de diseño vial más rápido y adecuado.

Sin embargo, a medida que surgen tendencias ambientales en la región, se buscan formas de producir mezclas asfálticas que utilicen menos recursos y mantengan las mismas propiedades en rendimiento y durabilidad. Por lo tanto, la mezcla asfáltica en caliente (WMA) ocupa un lugar cada vez mayor en la ejecución de proyectos viales. El uso de una mezcla (WMA) implica reducir la temperatura de fabricación y densificación sin afectar significativamente las propiedades de la mezcla. Al reducir el calentamiento del betún para preparar la mezcla asfáltica, disminuimos combustible y acortamos las emisiones de varios gases, principalmente dióxido de carbono.

- Gualteros (2022), en su estudio “Estado del arte del uso de nanotecnología para pavimentos hidráulicos y flexibles en Colombia” sostiene:

Como objetivo principal se tuvo el hacer una revisión teórica sobre el uso de la nanotecnología en los pavimentos en Colombia y su posible aplicación en la infraestructura vial, para lo cual se desarrolla un marco conceptual que ubica el tema en el marco nacional. Es una historia que se teje a través de la historia. Además, se presentan las diversas ventajas de este material y cómo se pueden obtener mediante los distintos métodos que se utilizan actualmente para crear nanomateriales a partir de nanopartículas. Cada proceso identifica mejoras en diferentes atributos del resultado final. El monográfico también analiza los riesgos que pueden suponer en relación con los pavimentos y las infraestructuras viales. Por otro lado, se identifican diversos usos del pavimento y cómo se complementa con otros estudios, algunas conclusiones, recomendaciones y con una referencia de largo plazo desde un concepto económico, gracias a su gran inversión inicial, pero con resultados inmediatos que repercuten

positivamente en la propiedad y mejoras adicionales en el mantenimiento.

- Mantilla (2012), en su estudio “Potencial manejo de la nanotecnología en la infraestructura vial en Colombia” sostiene:

Como objetivo principal es determinar si es viable la aplicación de la nanotecnología en el desarrollo vial en Colombia, para lo cual se recopiló literatura, se analizó información de diversas fuentes y como valor agregado brindé mi visión, opinión y recomendaciones. Para ello, se hace una descripción histórica de la nanotecnología mundial y su avance. En el contexto de Colombia se identificó la infraestructura requerida para la implementación de la tecnología, sus costos y beneficios al desarrollar una infraestructura vial y su potencial uso en el corto, mediano y largo plazo.

- Villegas et al. (2013), en su estudio “La Nanotecnología en las Carreteras, una Posibilidad Real: Experiencia en Costa Rica” sostienen:

El alto precio de combustibles hace que estos derivados sean los más solicitados en la industria global, es por ello que cada vez mayores esfuerzos son designados a conseguir combustibles de mejor calidad dejando a un lado otro producto derivado de la refinación como lo es el asfalto. Por tanto, los modificadores de asfalto, tales como polímeros, son utilizados cada vez con mayor frecuencia para mejorar las propiedades del asfalto y su desempeño del mismo, sobre todo buscando minimizar la incidencia de mecanismos como ahuellamientos, fisuración por cargas de tráfico y clima, agrietamiento por gradiente térmica y el daño por humedad.

## **2.6.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación**

**2.6.2.1. Concepto de una mezcla asfáltica en caliente.** Producto obtenido luego de mezclarse los agregados pétreos, ligante bituminoso y filler o también conocido como llenante mineral.

Las cantidades en que se utilizan cada uno de estos componentes juega un rol importante en la estructura interna de la mezcla asfáltica y en su comportamiento ante las cargas de tráfico y condiciones ambientales. (Jiménez, 2012).

Para el Asphalt Institute (1982), en una mezcla asfáltica en caliente de gradación densa, el agregado pétreo representa entre el 90 a 95% del peso de la mezcla. Así mismo, para Orellana (2016), el volumen está formado por: 85% agregado, 5% ligante bituminoso y 5% vacíos.

Sin embargo, esta configuración puede variar acorde a las necesidades que se soliciten en cada proyecto, por lo que es importante realizar ensayos en laboratorio previamente puesto que la incidencia de cada uno de estos elementos repercute en la calidad de la mezcla.

**2.6.2.2. Gradación de una mezcla asfáltica en caliente.** Se pueden clasificar acorde a su granulometría, sobre la cual pueden brindar mayor o menor aporte funcional o estructural al paquete del pavimento flexible.

Dentro de las clasificaciones encontramos a las mezclas densamente gradadas, abiertas y las llamadas gap-graded. Para efectos de la presente investigación se trabajará con una mezcla de granulometría densa. Para Zúñiga (2015), este tipo de mezclas presenta un porcentaje de vacíos menor al 6%.

La normativa vigente EG-2013 en su Tabla 423-03 brinda husos granulométricos que la mezcla asfáltica deberá cumplir. Así mismo, esta normativa también permite la utilización

de los husos granulométricos indicados en la ASTM D 3515, los cuales se utilizarán para el presente informe.

**Tabla N° 1.**

*Gradación para mezclas asfálticas densas – ASTM D 3515*

<b>Mezclas cerradas / Mezcla densa</b>									
Tamaño máximo nominal del agregado									
	2" (50 mm)	1 1/2" (37.5 mm)	1" (25 mm)	3/4" (19 mm)	1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 8 (2.36 mm)	No. 16 (1.18 mm)
<b>2 1/2" (63 mm)</b>	100 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>2" (50 mm)</b>	90 - 100	100 - 100	-	-	-	-	-	-	-
<b>1 1/2" (37.5 mm)</b>	-	90 - 100	100 - 100	-	-	-	-	-	-
<b>1" (25 mm)</b>	60 - 80	-	90 - 100	100 - 100	-	-	-	-	-
<b>3/4" (19 mm)</b>	-	56 - 80	-	-	100 - 100	-	-	-	-
<b>1/2" (12.5 mm)</b>	35 - 65	-	56 - 80	-	90 - 100	100 - 100	-	-	-
<b>3/8" (9.5 mm)</b>	-	-	-	56 - 80	-	90 - 100	100 - 100	-	-
<b>No. 4 (4.75 mm)</b>	14 - 47	23 - 53	29 - 53	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100	-	100 - 100
<b>No. 8 (2.36 mm)</b>	13 - 36	15 - 41	19 - 45	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100	-	95 - 100
<b>No. 16 (1.18 mm)</b>	-	-	-	-	-	-	40 - 80	-	85 - 100
<b>No. 30 (600 um)</b>	-	-	-	-	-	-	35 - 65	-	70 - 95
<b>No. 50 (300 um)</b>	3 - 15	4 - 16	5 - 17	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40	-	45 - 75
<b>No. 100 (150 um)</b>	-	-	-	-	-	-	3 - 20	-	20 - 40
<b>No. 200 (75 um)</b>	0 - 5	0 - 6	1 - 7	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10	-	9 - 20
Asfalto, Porcentaje con respecto al peso total de la mezcla									
	2 - 7	3 - 9	3 - 9	4 - 10	4 - 11	5 - 12	6 - 12	7 - 12	8 - 12

*Nota.* Adaptada de “Aspectos del diseño volumétrico de mezcla asfálticas” (p. 4), por Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Instituto Mexicano del Transporte, 2004.

*Publicación Técnica No 246.* Fuente, Elaboración propia.

**2.6.2.3. Caracterización de agregados.** Conocidos en el rubro de la construcción como agregados minerales o pétreos. Son ampliamente utilizados en este rubro debido a su funcionalidad y aporte estructural en las capas de pavimentos flexibles, ya sea como material de base o subbase granular, sirviendo como estructura de apoyo de la carpeta asfáltica. (Garzón y Cárdenas, 2013)

Estos agregados deben cumplir con determinadas características física-mecánicas, de tal forma que al ser incorporadas dentro de la mezcla asfáltica, generen una correcta adhesión al cemento asfáltico evitando su disgregación por acción combinada del tráfico y agua.

Los agregados pétreos se clasifican en agregado grueso y fino, cuya definición es la siguiente:

**A. Agregado Grueso.** Corresponde a la fracción del material que queda retenida sobre el tamiz N° 04 (4.75 mm). Para su utilización en la mezcla asfáltica, este agregado deberá provenir de la trituración de las rocas y deberá ser lo suficientemente resistente a los efectos abrasivos, además deberá estar exento de polvo y/u otras sustancias que impidan una correcta adherencia al mezclarse con el cemento asfáltico.

Las propiedades físico-mecánicas que debe satisfacer el agregado grueso está descrita en la Tabla 423-01 de la normativa vigente Manual de Carreteras EG-2013.

**Tabla N° 2.***Requerimientos de ensayos físicos – químicos para el agregado grueso*

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
<b>Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)</b>	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
<b>Abrasión Los Ángeles</b>	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
<b>Adherencia</b>	MTC E 517	+95	+95
<b>Índe de Durabilidad</b>	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
<b>Partículas chatas y alargadas</b>	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
<b>Caras fracturadas</b>	MTC E 210	85/50	90/70
<b>Sales Solubles Totales</b>	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
<b>Absorción</b>	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

*Nota. Adaptada de “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013)” (p. 265), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015. Resolución Directoral N° 22-2013-MTC/14. Fuente, Elaboración propia.*

**B. Agregado Fino.** Material comprendido entre los tamices N° 04 y N° 200, de origen natural o procedente de la trituración de rocas y/o gravas. (Garzón y Cárdenas, 2013)

Las propiedades físico-mecánicas que debe cumplir este agregado se indica en la Tabla 423-02 de la normativa vigente Manual de Carreteras EG-2013.

**Tabla N° 3.***Requerimientos de ensayos físicos – químicos para el agregado fino*

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
<b>Equivalente de Arena</b>	MTC E 114	60% mín.	70% mín.
<b>Angularidad del agregado fino</b>	MTC E 222	30% mín.	40% mín.
<b>Azul de metileno</b>	AASTHO TP 57	8% máx.	8% máx.
<b>Índice de Plasticidad (malla N° 40)</b>	MTC E 111	NP	NP
<b>Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)</b>	MTC E 209	-	18% máx.
<b>Índice de Durabilidad</b>	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
<b>Índice de Plasticidad (malla N° 40)</b>	MTC E 111	4% máx.	NP
<b>Sales Solubles Totales</b>	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
<b>Absorción</b>	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

*Nota.* Adaptada de “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013)” (p. 265), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015. *Resolución Directoral N° 22-2013-MTC/14.* Fuente, Elaboración propia.

**2.6.2.4. Cemento asfáltico.** Material cementoso negro, de consistencia dura y semidura (un sólido blando) a temperatura ambiente. Cuando el betún está suficientemente caliente, éste se ablanda y se vuelve líquido lo que le posibilita envolver a los agregados que conforman la mezcla asfáltica gracias a que es un material viscoso y de característica pegajosa. (Asphalt Institute, 1982)

Así mismo, Jiménez (2012) sostiene que es de característica viscoelástica y sensible a la temperatura, puesto que para bajas temperaturas el asfalto se solidifica presentando un comportamiento elástico, es decir, presenta una respuesta frente a las sollicitaciones de carga; mientras que para altas temperaturas se comporta como un líquido fluido, presentando un

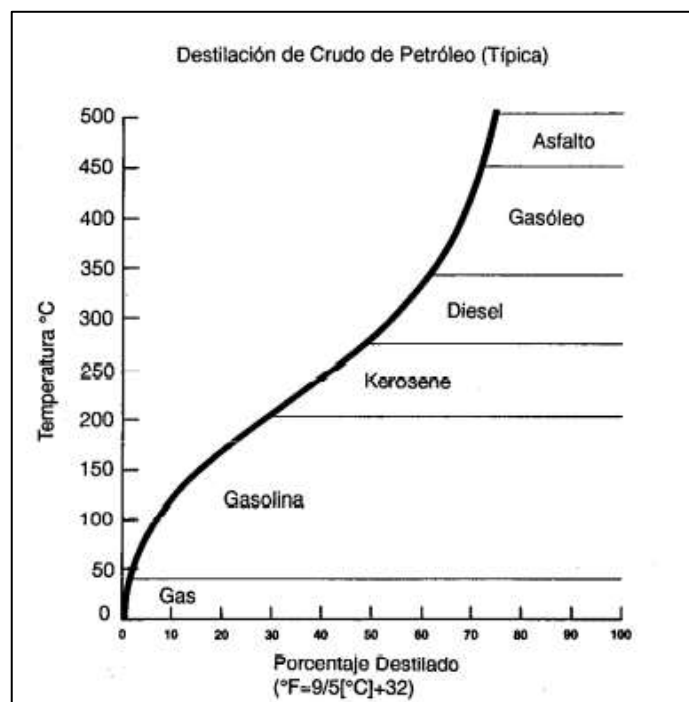
comportamiento visco-plástico, luego de aplicar una carga no recupera su posición inicial provocando una deformación residual.

**2.6.2.5. Refinación del asfalto.** El asfalto, al ser un destilado pesado, puede ser producido usando destilación por vacío a una temperatura aproximada de 480 ° C (900 a° F). Esta temperatura cambia dependiendo de la calidad del crudo refinado o del grado de asfalto a producir. (Asphalt Institute, 1982)

Así mismo, para poder obtener determinadas características para cada tipo de asfalto, las refinерías combinan diferentes crudos en diferentes proporciones para tal fin, logrando obtener diferentes grados de asfalto.

### Imagen N° 1.

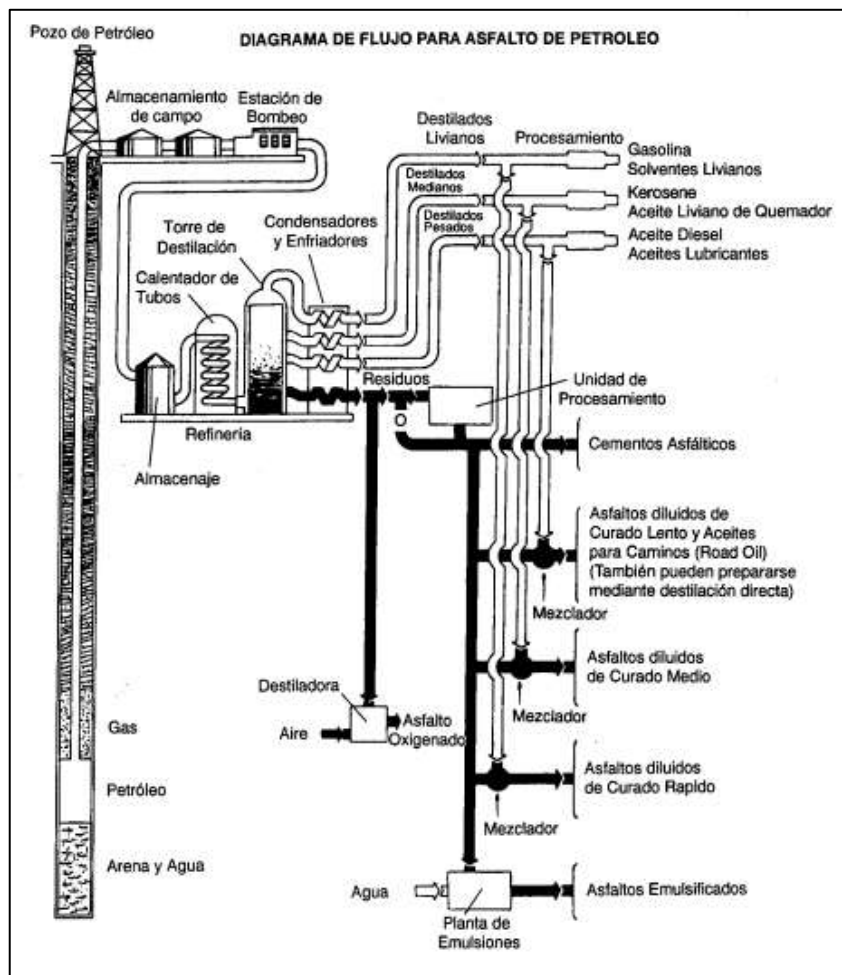
*Productos y temperaturas típicas de destilación.*



*Nota.* Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente” (p. 12), por Asphalt Institute, 1982. *Serie de Manuales No 22 (MS-22).*

## Imagen N° 2.

### Proceso típico de refinación



Nota. Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente” (p. 13), por Asphalt Institute, 1982. *Serie de Manuales No 22 (MS-22)*.

#### 2.6.2.6. Propiedades químicas y pruebas para hallar las cualidades del cemento asfáltico.

A. **Propiedades Químicas.** En cuanto a propiedades químicas del ligante asfáltico, Jiménez (2012) planteó que la composición química del ligante asfáltico depende del tipo de crudo(s) de origen y su proceso de refinación; cuya composición por lo general tiene los

siguientes límites (% en peso): carbono 80-87%, nitrógeno 0-1%, hidrógeno 9-11%, azufre 0,5-7%, oxígeno 2-8%, metales 0-0,5% (hierro, níquel, vanadio y calcio).

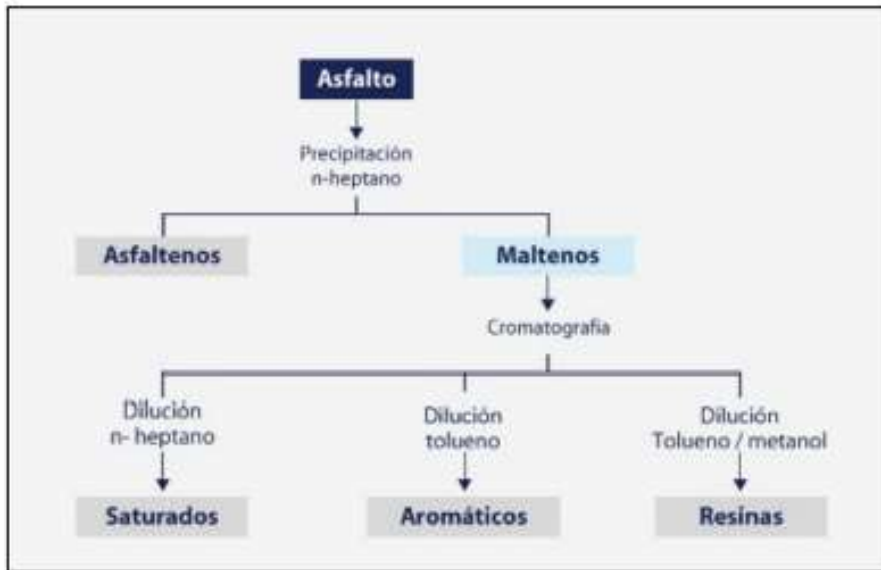
Así mismo, el Asphalt Institute (1982) expresa que el ligante bituminoso está formado esencialmente por asfaltenos y maltenos, los cuales se aprecian luego de ser disueltos en un solvente como el heptano.

- Los asfaltenos, conocido como la fracción insoluble, de color negro o pardo oscuro con una semejanza al polvo de grafito.
- Los maltenos, fracción soluble, está formado por resinas y aceites. La resina es generalmente un líquido pesado con un color marrón oscuro o ámbar, mientras que el aceite es de color más claro. La resina proporciona las propiedades adhesivas (adhesión) del betún, mientras que el aceite actúa como portador del asfalto y la resina.

Orellana (2016) define a los asfaltenos como la fracción insoluble (alto peso molecular); mientras que a los maltenos como la fracción soluble (bajo peso molecular).

### Imagen N° 3.

#### Composición química de los Asfaltos



*Nota.* Tomada de “Análisis del comportamiento y beneficios de las mezclas asfálticas tibias” (p. 33), por Orellana, 2016. *Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.*

**B. Pruebas para determinar las propiedades del cemento asfáltico.** Se han dado diversos ensayos que brindan información sobre sus propiedades. Cada prueba especificada en la normativa aplicable para ligantes asfálticos clasificados por grado de penetración se determinarán de conformidad con la Tabla 415-02 de la Norma EG-2013. Para esta prueba se utilizará un ligante bituminoso de clasificación por penetración equivalente a 60/70, el cual es un cemento asfáltico usado ampliamente en el departamento de Lima.

**Tabla N° 4.***Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración PEN 60-70*

Tipo Grado	Grado de Penetración		
	Ensayo	PEN 60 - 70	
		mín.	máx.
<b>Pruebas sobre el material bituminoso</b>	MTC E 304	60	70
<b>Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm</b>	MTC E 312	232	-
<b>Punto de inflamación, °c</b>	MTC E 306	100	-
<b>Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm</b>	MTC E 302	99	-
<b>Solubilidad en Tricloro-etileno,%</b>	MTC E 304	-1	+1
<b>Índice de penetración</b>			
<b>Ensayo de la Mancha</b>	AASHTO M20		
<b>Solvente Nafta Estándar</b>			Negativo
<b>Solvente Nafta - Xileno, %Xileno</b>			Negativo
<b>Solvente Heptano - Xileno, %Xileno</b>			Negativo

*Nota.* Adaptada de “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013)” (p. 223), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015. *Resolución Directoral N° 22-2013-MTC/14.*

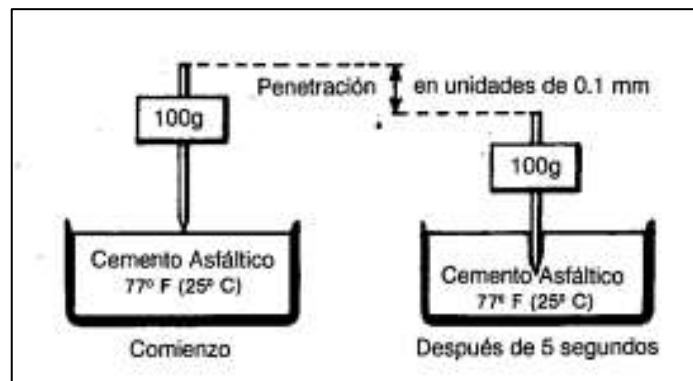
**B.1. Penetración.** Determina la dureza del asfalto al medir la longitud que logra ingresar una aguja de forma vertical a un espécimen de asfalto en medidas específicas de temperatura, carga y tiempo. La medida de la penetración se realiza a 25 °C, con 100 g en la aguja y una carga aplicada durante 5 s (Maila, 2013, p. 10).

El Asphalt Institute (1982) determina 05 clasificaciones del cemento asfáltico en base a su penetración: 40-50, 60-70, 85-100, 120-150, 200-300.

La normativa que rige este ensayo es ASTM D-5 (MTC E 304).

#### Imagen N° 4.

*Diagrama de la Prueba de Penetración*



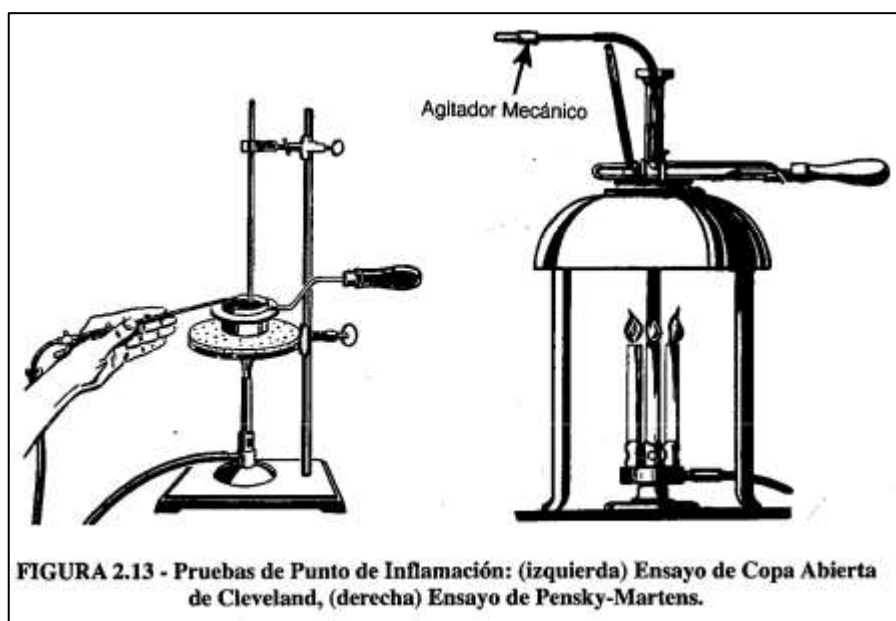
*Nota.* Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente” (p. 16), por Asphalt Institute, 1982. *Serie de Manuales No 22 (MS-22).*

**B.2. Punto de Inflamación.** El Asphalt Institute (1982) indica que esta prueba proporciona la temperatura alta a la que se puede usar y almacenar el cemento asfáltico sin riesgo de inflamabilidad. Conocer esta información permite un adecuado manejo de la temperatura de almacenamiento y bombeo del cemento asfáltico.

La normativa que rige este ensayo es ASTM D-92 (MTC E 312).

## Imagen N° 5.

### *Ensayo de Punto de Inflamación*



*Nota.* Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente” (p. 24), por Asphalt Institute, 1982. *Serie de Manuales No 22 (MS-22).*

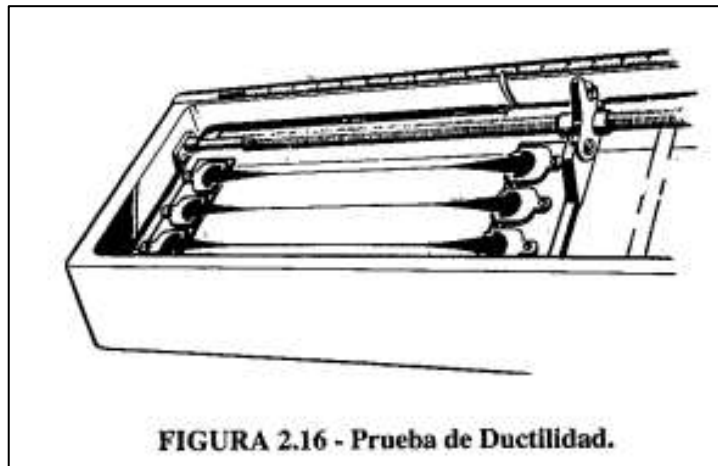
**B.3. Ductilidad.** Jiménez (2012) señala que esta prueba mide la resistencia a la ruptura de una muestra de cemento asfáltico al ser estirada a una determinada velocidad, determinando que a mayor elongación, mayor será su cualidad adhesiva.

Para Asphalt Institute (1982), la adherencia es la propiedad del ligante asfáltico de adherirse al agregado durante la fase de mezclado.

La normativa que rige este ensayo es ASTM D-113 (MTC E 306)

## Imagen N° 6.

### *Ensayo de Punto de Ductilidad*



*Nota.* Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente” (p. 26), por Asphalt Institute, 1982. *Serie de Manuales No 22 (MS-22).*

**B.4. Índice de Penetración.** Dado por Pfeiffer y Van Doormal en base a los valores de penetración y punto de reblandecimiento, siendo una medida del cambio de sensibilidad con la temperatura.

Maila (2013), indica que los cementos asfálticos a emplearse en la construcción de carreteras deben tener índices de penetración entre +1 y -1.

La normativa que rige este ensayo es MTC E 304.

**B.5. Solubilidad en Tricloro-Etileno.** Alarcón y Cárdenas (2021) indican que este ensayo proporciona el porcentaje de asfalto en el asfalto original. La parte que no se puede separar es considerada como materia residual y de composición inorgánica. En síntesis, este ensayo mide la pureza del asfalto.

La normativa que rige este ensayo es ASTM D-70 (MTC E 302).

**B.6. Viscosidad.** Las especificaciones del pavimento a menudo requieren valores de viscosidad a temperaturas de 60°C y 135°C. La primera es utilizada para clasificar un ligante asfáltico, puesto que se ha determinado que es la temperatura más alta a la que estará sometida la carpeta asfáltica durante su puesta en servicio. La segunda corresponde a la viscosidad del asfalto en los procesos de fabricación y compactación. (Asphalt Institute, 1982).

**2.6.2.7. Nanotecnología.** La nanotecnología es un método que nos permitirá manipular la materia a escala atómica o molecular, adaptándola o modificándola de acuerdo con nuestras necesidades. Y esto está en una escala nanométrica, siendo un nano igual a un millón de milímetros. (Web La Casa Mundo).

Actualmente, la nanotecnología es empleada en la construcción de carreteras. Los nano-agregados se introducen en el asfalto cambiando su composición molecular, modificando sus propiedades físicas, químicas y mecánicas para obtener mezclas asfálticas con mejores propiedades, es decir, pavimentos asfálticos más duraderos para cualquier carga de tráfico y condiciones ambientales. (Mantilla, 2012).

Actualmente todas las investigaciones están encaminadas a obtener un mejor comportamiento de la mezcla en relación a los fenómenos de ahuellamiento y leyes de fatiga, sin embargo, no se destaca la influencia de estos nanomateriales en la posible reducción del contenido de cemento asfáltico en las mezclas asfálticas. Entre los productos elaborados en

base a la nanotecnología, encontramos mejoradores de adherencia cuya principal función es mejorar la adherencia entre ligante y árido.

**2.6.2.8. Mejoradores de adherencia.** Son productos químicos que se agregan al cemento asfáltico para mejorar propiedades de adherencia entre asfalto y agregado, es decir, para crear una unión química estable de asfalto y agregado, mejorando sus propiedades tales como: susceptibilidad a los efectos del agua (Escobar y Tunala, 2019).

Gracias a la nanotecnología, se ha logrado producir aditivos que presentan mejoras notables con respecto a los fabricados de manera “tradicional”. Sin embargo, la gran mayoría tiene como función principal lograr la mayor adhesividad posible entre el ligante y el agregado.

Dentro de mi experiencia profesional, he utilizado los siguientes mejoradores de adherencia:

**A. *Zycotherm.*** Es un aditivo que funciona a base de organosilanos los cuales reaccionan químicamente con agregados pétreos y el ligante asfáltico produciendo siguientes beneficios:

- Reducción de temperatura de compactación y producción, generando ahorro de combustible en planta.
- Afinidad entre el asfalto y los agregados, logrando su cobertura total y pavimentos más rígidos.
- Aumento de la adherencia de la superficie de agregado y asfalto, reduciendo con ellos los problemas de desprendimiento.
- Mejor distribución de esfuerzos e incremento de solidez a la fatiga.

- Excelente repulsor del agua y al intemperismo.
- Reduce el fenómeno de oxidación
- Compatible con polímeros SBS, SBR, entre otros y se puede utilizar con asfalto reciclado.

El precio del Zycotherm actualmente es de 32 dólares + IGV.

**B. Ravasol APS92.** Es un aditivo mejorador de adherencia que emplea en su formulación nanotecnología en base organosilanos. Su empleo brinda las siguientes ventajas:

- Reduce la temperatura de fabricación en planta, da un ahorro de combustible en planta.
- Mayor afinidad entre el asfalto y el agregado, logrando su cobertura total.
- Incremento multiplicativo de la adherencia del árido al asfalto.
- Mejora considerablemente el performance de las mezclas bituminosas a los ensayos de Rueda de Hamburgo, Lottman.
- Excelente resistencia al agua.
- Reduce el fenómeno de oxidación de la mezcla.
- Compatible con todos los polímeros SBS, Elvaloy, Latex, Caucho reciclado, entre otros.
- Permite reducir la cantidad adecuada del asfalto en la mezcla.

El precio del Ravasol APS92 actualmente es de 30 dólares IGV. Como se puede apreciar, el RAVASOL APS92 ofrece una ventaja diferente como lo es la reducción del porcentaje de cemento asfáltico, ventaja descrita en su ficha técnica. Así mismo, esta ventaja también fue descrita por el proveedor de este producto, quien sostiene que con la utilización de este aditivo se puede reducir la cantidad de cemento asfáltico. Adicional a ello, el RAVASOL APS92 es más barato a comparación que el Zycotherm.

Por tal razón, este aditivo mejorador de adherencia será el que se usará en la presente investigación, puesto que permite reducir el óptimo contenido de cemento asfáltico sin reducir propiedades reológicas y mecánicas, y su costo es menor.

**2.6.2.9. Diseño de Mezcla Asfáltica en caliente.** Un adecuado diseño proporciona una mezcla asfáltica económica a través de una determinada gradación producto de la combinación de sus componentes (Asphalt Institute, 1982). Esta mezcla asfáltica debe ser capaz de ofrecer lo siguiente:

- Adecuado asfalto para brindar un pavimento duradero.
- Suficiente estabilidad durante su puesta en servicio para atender las deformaciones producidas por las cargas de tráfico.
- Contenido de vacío adecuado que permita un reacomodo de la mezcla asfáltica luego de ser abierta al tránsito.

El método más utilizado y conocido universalmente para elaborar un diseño de mezcla asfáltica en caliente es el Método Marshall.

**2.6.2.10. Método Marshall.** Fue implementado por el Ingeniero de Mississippi, Bruce Marshall. Surge de un estudio iniciado en 1943 por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

Maila (2013) indica que su principal objetivo es encontrar la cantidad adecuada de ligante bituminoso para una combinación particular de agregados, además de poder determinar propiedades mecánicas y densidades de la mezcla bituminosa.

La normativa que rige este procedimiento está descrita en la norma AASHTO T245 (ASTM D 1559).

Así mismo, el método Marshall está enfocado hacia cuatro características de la mezcla y la influencia que éstas tendrán sobre el desempeño de la mezcla.

**A. Características de la mezcla asfáltica.** A continuación, se describen las cuatro (4) características:

**A.1. Densidad.** La densidad queda definida como la relación entre el peso y volumen de un determinado cuerpo. En el caso de los pavimentos, la densidad es una propiedad fundamental ya que altos valores de densidad contribuyen a la obtención de un pavimento duradero; siempre y cuando no se disminuya la cantidad de vacíos.

Conocer la densidad también nos ayudará a obtener los valores de densificación de la mezcla asfáltica colocada en campo, puesto que al determinar la densidad previamente en laboratorio, ésta se convertirá en la densidad de control y será comparada con la densidad obtenida en campo, logrando de esta manera el grado de compactación, el cual deberá ser igual o mayor acorde a las exigencias del proyecto.

**A.2. Vacíos de aire.** Diminutas bolsas de aire que forman parte de la estructura de la mezcla compactada. Es fundamental que toda mezcla compactada contenga determinada cantidad de vacíos, lo que le permitirá lograr una densificación adicional luego de la acción del tráfico. Para la normativa EG-2013, el porcentaje de vacíos permisibles es del 3 al 5 % para un tráfico pesado.

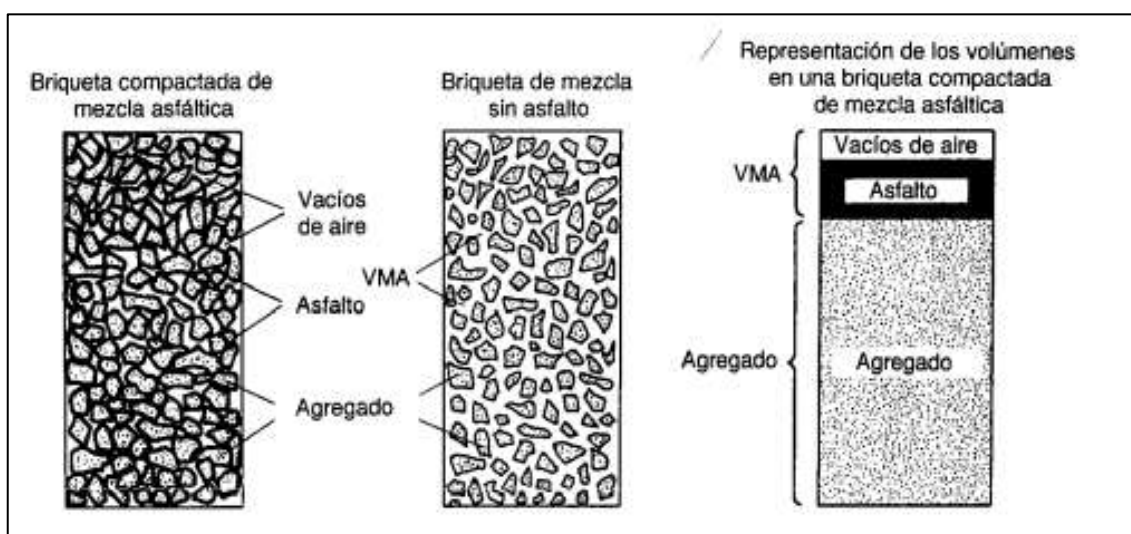
La densidad y el porcentaje de vacíos guardan una relación cercana, puesto que una densidad alta genera un bajo porcentaje de vacíos, y viceversa. (Asphalt Institute, 1982)

**A.3. Vacíos en el agregado mineral (VMA).** Definida como la suma de los vacíos de aire y los vacíos llenos de asfalto en una mezcla compactada.

El VMA representa el espacio disponible para acomodar la cantidad efectiva del asfalto (todo el asfalto menos la porción que se pierde, por absorción en el agregado) y la cantidad deseada de vacíos necesarios en la mezcla. Al obtener valores altos de VMA, se espera una mayor cantidad de ligante bituminoso ofreciendo una capa más gruesa de recubrimiento, lo cual brindará una mezcla más durable. (Asphalt Institute, 1982).

### Imagen N° 7.

*Ilustración de los vacíos en una probeta compactada*



*Nota.* Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente” (p. 59), por Asphalt Institute, 1982. *Serie de Manuales No 22 (MS-22).*

**A.4. Contenido de asfalto.** El contenido de asfalto guarda relación con la granulometría de los agregados y con su área superficial, es por eso que para cada diseño de mezcla existe una determinada cantidad de cemento asfáltico a controlar.

En mezclas que contienen mayor cantidad de finos se requerirá mayor cantidad de cemento asfáltico debido a su mayor área superficial, caso contrario para las mezclas en donde el agregado grueso tiene mayor incidencia. Así mismo, para agregados con valores de absorción altos se requerirá también una mayor cantidad de ligante bituminoso.

Es importante controlar este parámetro puesto que un exceso de betún puede causar una mezcla inestable y con problemas de exudación; mientras que una mezcla con poca cantidad de cemento asfáltico no revestirá adecuadamente a los agregados haciéndola poca trabajable y produciendo un desgaste prematuro de la carpeta asfáltica, además de otras patologías asociadas a este fenómeno.

La cantidad de asfalto está formada por el asfalto efectivo y asfalto absorbido. El primero es el volumen de asfalto que recubre al agregado, es decir, la película que los recubre. El segundo se refiere al asfalto que es absorbido por los agregados producto de su capacidad de absorción. (Asphalt Institute, 1982)

**B. Propiedades consideradas en el diseño de la mezcla asfáltica.** Las propiedades provocadas por un diseño adecuado y correcto de la mezcla asfáltica favorecen a la buena calidad del pavimento asfáltico, logrando atender su periodo de diseño.

Dentro de estas propiedades encontramos a la estabilidad, durabilidad, impermeabilidad, trabajabilidad, flexibilidad, resistencia a la fatiga y resistencia al deslizamiento.

Para efectos de la presente investigación, sólo ahondaremos en las siguientes propiedades:

**B.1. Estabilidad.** Facultad que tiene la mezcla para resistir deformaciones bajo la acción del tránsito, es decir, permanecer estable frente a cargas repetidas. Los valores de estabilidad son los adecuados y necesarios para un determinado tránsito, en este sentido, cada mezcla asfáltica deberá tener una estabilidad adecuada. Valores muy altos de estabilidad producen una carpeta de rodadura muy rígida y con tendencia a fisurarse; mientras que valores muy bajos pueden generar ahuellamientos, ondulaciones y corrugaciones afectando el confort de la vía. (Asphalt Institute, 1982)

**B.2. Durabilidad.** Capacidad de la mezcla bituminosa para enfrentar factores como la desintegración de los agregados y cambios en sus propiedades de desempeño producto de la acción combinada del tránsito y clima. (Asphalt Institute, 1982)

Tanto asfalto como sea posible generará una película de asfalto más gruesa que impedirá el ingreso de humedad, agua y agentes perjudiciales que puedan envejecer rápidamente al asfalto, logrando aumentar su durabilidad en el tiempo. Así mismo, el uso de agregados pétreos resistentes a la desintegración por efectos de clima y carga aumentarán la durabilidad de la mezcla asfáltica.

**B.3. Impermeabilidad.** Es la resistencia a que el aire y el agua entren o pasen a través de las bolsas de aire que forman parte de la mezcla compactada. La impermeabilidad de una mezcla está relacionada con el tamaño de los vacíos. (Asphalt Institute, 1982)

**C. Pruebas realizadas en el Ensayo Marshall.** Existen tres ensayos que derivan del Método Marshall.

- Determinación del peso específico total y peso específico teórico máximo.
- Medición de estabilidad y fluencia Marshall.
- Análisis de la densidad y el contenido de vacíos en las briquetas.

Así mismo, la Normativa Peruana EG-2013 solicita la realización de los siguientes ensayos cuyos resultados son utilizados para aceptar y/o rechazar una mezcla asfáltica.

**Tabla N° 5.**

*Requisitos para mezcla asfáltica en caliente.*

Parámetros de Diseño	Clases de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
<b>1. Compactación, número de golpes por lado</b>	75	50	35
<b>2. Estabilidad</b>	8.15 kN	5.44 kN	4.53 kN
<b>3. Flujo 0.01” (0.25 mm)</b>	8 – 14	8 – 16	8 – 20
<b>4. Porcentaje de vacíos con aire</b>	3 – 5	3 – 5	3 – 5
<b>5. Vacíos en el agregado mineral</b>	Acorde al Tamaño Máximo		

*Nota.* Adoptada de “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013)” (p. 271), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015. *Resolución Directoral N° 22-2013-MTC/14.* Fuente. Elaboración Propia.

### ***C.1. Determinación de pesos específicos***

***C.1.1. Peso específico total.*** También conocido como densidad aparente. Este ensayo se realiza luego de que las briquetas compactadas en laboratorio hayan enfriado. Este valor se obtiene al dividir su peso al aire y su peso sumergido al agua, la cual debe estar a una temperatura de 25 °C. La norma que rige este procedimiento es la AASHTO T 166. (Asphalt Institute, 1982)

***C.1.2. Peso específico teórico máximo.*** Corresponde al peso de la mezcla sin considerar sus vacíos.

***C.2. Ensayo de estabilidad y fluencia.*** La estabilidad mide la resistencia de la mezcla a la deformación bajo una carga; mientras que la fluencia mide la deformación producida en ella.

El procedimiento de los ensayos es el siguiente:

- Las briquetas se calientan en un baño de agua a 60° C (140° F), que es la temperatura más alta que experimentará el pavimento durante su etapa de servicio.
- Las briquetas son extraídas del baño y se colocan inmediatamente en el aparato Marshall, el cual es un dispositivo previsto para accionar y tomar lecturas de carga y deformación. S
- Se aplica la carga a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto, aplicando esta carga hasta que la briqueta falle.
- La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la fluencia se define como el desplazamiento de la mezcla asfáltica- (Asphalt Institute, 1982)

El Asphalt Institute (1982) considera que valores bajos de desplazamiento (fluencia) y altos valores de estabilidad generan una mezcla rígida, haciéndola susceptible a la fisuración.

Por otro lado, valores altos de fluencia produce una mezcla demasiado plástica, con posibles problemas de deformación y/o ahuellamiento.

**C.3. Ensayos para el análisis de vacíos y densidades.** Dentro de este análisis, se evalúan los siguientes valores:

- Cantidad de vacíos.
- Peso unitario de la briqueta (peso específico)
- Vacíos en el agregado mineral (VMA)
- Vacíos llenos de asfalto (VFA)

## **2.7. Método**

### **2.7.1. Tipo de investigación**

Es cuantitativa de tipo exploratoria – correlacional, porque pretende establecer una relación causa - efecto entre las variables. Lo particular de este tipo de tesis es que nos permitirá poder manipular la variable independiente a determinadas condiciones y con ello poder observar el comportamiento de la variable dependiente.

### **2.7.2. Ámbito temporal y espacial**

**2.7.2.1. Ámbito temporal.** Se realizó de octubre a noviembre del 2022.

**2.7.2.2.      Ámbito espacial.** Esta investigación se desarrolló en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la empresa Inversiones Jenca, en el distrito Lurigancho, Lima - Perú.

**2.7.3. Variables**

**2.7.3.1. Variables dependientes, independientes e indicadores.**

**Variable independiente**

X= Utilización de un mejorador de adherencia

**Variable dependiente**

Y= Reducción del porcentaje de cemento asfáltico.

**Tabla N° 6.**

*Operacionalización de variables.*

<b>Variables principales</b>	
<b>X:</b> Utilización de un mejorador de adherencia	<b>Y:</b> Reducción del porcentaje de cemento asfáltico.
<b>Indicadores de X</b>	<b>Indicadores de Y</b>
<b>X11:</b> Dosificación	
<b>X12:</b> Costo de fabricación de mezcla asfáltica.	

*Nota.* Fuente, elaboración propia.

#### **2.7.4. Población y muestra**

El universo poblacional está representado por todos los trabajos de diseños de mezcla asfáltica en caliente mediante el método Marshall a nivel nacional. Para efectos del presente trabajo, la muestra será el diseño de mezcla asfáltica a utilizar en obras de la empresa Inversiones Jenca en el departamento de Lima.

#### **2.7.5. Personal calificado e instrumentos**

Está formada por el personal técnico del Laboratorio de la Empresa Inversiones Jenca. Los instrumentos que formaron parte del presente trabajo fueron:

- Análisis de documentos: Se han revisado normas, bibliografías digitales y escritas respecto a diseños de mezcla asfáltica utilizando mejorador de adherencia.
- Diseño de mezcla asfáltica de la empresa Inversiones Jenca S.A.C.

### **2.8. Procedimientos**

Los procedimientos y técnicas aplicadas consistieron en una investigación documental y de campo. La primera se basa en un análisis de situaciones similares a las del proyecto, los cuales se encuentran documentados en libros, artículos, informes de investigación, ponencias, folletos y páginas web, los mismos que brindaron los conceptos adecuados y que nos permitieron generar un correcto marco teórico.

Dentro de las investigaciones previamente realizadas, Escobar y Tunala (2019) concluyeron que el uso de un mejorador de adherencia logró reducir la cantidad de cemento asfáltico en 0.1%.

Lo referente a investigación de campo, la técnica empleada fue la exploración participativa, puesto que se formó parte del equipo que realizó el diseño de mezcla asfáltica en caliente. Dentro de esta participación, se contrastaron los óptimos contenidos de ligante bituminoso entre una mezcla sin y con mejorador de adherencia.

### **2.8.1. Planteamiento experimental**

Se detalla el plan experimental para obtener el óptimo contenido de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica en caliente con mejorador de adherencia, para luego compararlo con el contenido de cemento asfáltico de nuestra mezcla asfáltica convencional.

#### a) Dosificación del mejorador de adherencia

Se utilizará el mejorador de adherencia Ravasol APS92. La dosificación a utilizar será el 0.05% con respecto al peso del ligante bituminoso, la cual está dentro del rango de la dosificación recomendada en la ficha técnica otorgada por el proveedor. Ver Anexo C)

#### b) Agregados pétreos

Provenientes de la cantera Yorfino, la cual se encuentra ubicada en la Urb. El Portillo, Carapongo, distrito de Lurigancho. Los agregados cumplen las exigencias físico-químicas establecidas en la normativa vigente EG-2013. La unión de estos agregados brindó una mezcla densa, la cual encaja dentro de los umbrales de la curva granulométrica ASTM D 3515. (Ver Anexo B)

**Tabla N° 7.***Resultados de los ensayos físico-químicos al agregado grueso.*

Ensayo	Norma	Requerimiento		Resultado	Condición
		Altitud (msnm)			
		≤ 3000	> 3000		
<b>Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)</b>	MTC E 209	18% máx.	15% máx.	2.77	Cumple
<b>Abrasión Los Ángeles</b>	MTC E 207	40% máx.	35% máx.	17.2	Cumple
<b>Adherencia</b>	MTC E 517	+95	+95	+95	Cumple
<b>Índe de Durabilidad</b>	MTC E 214	35% mín.	35% mín.	56	Cumple
<b>Partículas chatas y alargadas</b>	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.	6.3	Cumple
<b>Caras fracturadas</b>	MTC E 210	85/50	90/70	99/85	Cumple
<b>Sales Solubles Totales</b>	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.035	Cumple
<b>Absorción</b>	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.	0.766	Cumple

*Nota.* Fuente, elaboración propia.**Tabla N° 8.***Resultados de los ensayos físico-químicos al agregado fino.*

Ensayo	Norma	Requerimiento		Resultado	Condición
		Altitud (msnm)			
		≤ 3000	> 3000		
<b>Equivalente de Arena</b>	MTC E 114	60% mín.	70% mín.	62.4	Cumple
<b>Angularidad del agregado fino</b>	MTC E 222	30% mín.	40% mín.	46.7	Cumple
<b>Azul de metileno</b>	AASTHO TP 57	8% máx.	8% máx.	7.5	Cumple
<b>Índice de Plasticidad (malla N° 40)</b>	MTC E 111	NP	NP	NP	Cumple
<b>Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)</b>	MTC E 209	-	18% máx.	3.20	Cumple
<b>Índice de Durabilidad</b>	MTC E 214	35% mín.	35% mín.	53.4	Cumple
<b>Índice de Plasticidad (malla N° 40)</b>	MTC E 111	4% máx.	NP	2.9	Cumple
<b>Sales Solubles Totales</b>	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.041	Cumple
<b>Absorción</b>	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.	0.465	Cumple

*Nota.* Fuente, elaboración propia.

## c) Cemento asfáltico

Se utilizará un ligante bituminoso de penetración 60/70, debido a las situaciones climáticas del departamento de Lima.

d) Base de evaluación (diseño base)

La empresa Inversiones Jenca cuenta con un diseño de mezcla asfáltica convencional (diseño base), cuyo adecuado contenido de asfalto es de 5.58% (Ver Anexo A). Sobre la misma dosificación granulométrica se realizará el nuevo diseño considerando la incorporación del mejorador de adherencia. Acorde a la metodología Marshall, se requiere realizar cuatro (04) “puntos” con diferentes óptimos contenidos de cemento asfáltico. Cada punto estará formado por 04 briquetas, las cuales serán ensayadas para determinar sus propiedades volumétricas, máxima densidad teórica, estabilidad y flujo y determinación de su óptimo contenido.

En este sentido, se calculará el peso del cemento asfáltico para los diferentes óptimos: 4.8%, 5.3%, 5.8% y 6.3%.

**Tabla N° 9.**

*Cantidad de briquetas y sus ensayos*

% C.A.	4.8 %	5.3 %	5.8 %	6.3 %
	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX

**XXX** : Determinación de propiedades volumétricas y estabilidad - flujo.

**X** : Determinación de máxima densidad teórica (Rice)

*Nota.* Cantidad de briquetas a fabricar y distribución de ensayos a ejecutar. Fuente, Elaboración propia.

e) Dosificación de briquetas

Se pesaron los agregados conforme está estipulado en la curva granulométrica del diseño base. En las tablas se observan los pesos de los agregados y cemento asfáltico que formarán parte de cada briketa.

**Tabla N° 10.**

*Porcentaje de participación de agregado fino y grueso*

<b>% Grava chancada</b>	<b>43%</b>
<b>% Arena chancada</b>	<b>57%</b>

*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Tabla N° 11.**

*Dosificación de briquetas*

<b>% Retenido Parcial</b>		
<b>1/2"</b>	8.2%	<b>(A)</b>
<b>3/8"</b>	18.7%	<b>(B)</b>
<b>N° 4</b>	16.2%	<b>(C)</b>
<b>&lt; N° 4</b>	56.9%	<b>(D)</b>

<b>% C.A.</b>		<b>4.8%</b>	<b>5.3%</b>	<b>5.8%</b>	<b>6.3%</b>
<b>Peso por briketa (gr).</b>	<b>(E)</b>	1240	1240	1240	1240
<b>Peso del C.A. (gr).</b>	<b>(F)</b>	59.5	65.7	71.9	78.1
<b>Peso del agregado (gr.)</b>	<b>G=(E-F)</b>	1180.5	1174.3	1168.1	1161.9

<b>Peso del agregado por tamiz</b>		<b>4.8%</b>	<b>5.3%</b>	<b>5.8%</b>	<b>6.3%</b>
<b>Tamiz 1/2"</b>	<b>(G*A)</b>	96.8	96.3	95.8	95.3
<b>Tamiz 3/8"</b>	<b>(G*B)</b>	220.7	219.6	218.4	217.3
<b>Tamiz N° 4</b>	<b>(G*C)</b>	191.2	190.2	189.2	188.2
<b>Tamiz &lt; N° 4</b>	<b>(G*D)</b>	671.7	668.2	664.6	661.1

		4.8%	5.3%	5.8%	6.3%
<b>Peso del aditivo (gr)</b>	<b>0.05%</b>	0.030	0.033	0.036	0.039

*Nota.* En esta tabla observamos la cantidad de porcentaje de material granular que retiene los diferentes tamices para la elaboración de las briquetas con su respectivo porcentaje de cemento asfáltico y mejorador de adherencia.

Fuente, Elaboración propia.

### **2.8.2. Fabricación de briquetas**

Definidos la cantidad de cemento asfáltico y pesos de los agregados, se procederá a fabricar las 12 briquetas empleando el método Marshall. A continuación, se describe el proceso realizado en laboratorio:

- a) Los pesos de los agregados fueron realizados mediante una balanza electrónica calibrada con el fin de garantizar precisión durante estos trabajos, garantizando así resultados confiables.
- b) Luego de mezclar los agregados, se procedió a calentarlos ingresándolos a un horno a temperatura constante de 155 °C.

### Imagen N° 8.

*Ingreso de agregados al horno para su calentamiento*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

- c) Se calentó el cemento asfáltico hasta obtener una temperatura de mezclado conforme lo indica su carta de viscosidad, la cual está en el rango de 152 a 158°C aproximadamente. Cuando se encontró dentro de este rango, se procedió a colocar el mejorador de adherencia. Debido a que el peso del mejorador de adherencia con respecto al peso total de la briqueta (1240 gr) es insignificante, se procedió a mezclar el aditivo para una galonera de asfalto, la cual fue pesada previamente para poder determinar el peso del aditivo a incorporar.

**Tabla N° 12.**

*Dosificación del aditivo.*

<b>Peso del PEN + tarro</b>	<b>(gr.)</b>	<b>3,423.70</b>
<b>Peso del tarro</b>	<b>(gr.)</b>	52.00
<b>Peso del PEN</b>	<b>(gr.)</b>	3,371.70
<b>Peso del aditivo</b>	<b>0.05%</b>	1.69

*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 9.**

*Calentamiento del cemento asfáltico*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 10.**

*Temperatura del cemento asfáltico*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 11.**

*Adición del mejorador de adherencia*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

- d) Se retirará el agregado del horno y se colocará en una balanza, e inmediatamente se añadirá la cantidad de cemento asfáltico indicado conforme lo expresa la Tabla N° 11.

### Imagen N° 12.

*Adición del cemento asfáltico al agregado previamente calentado.*



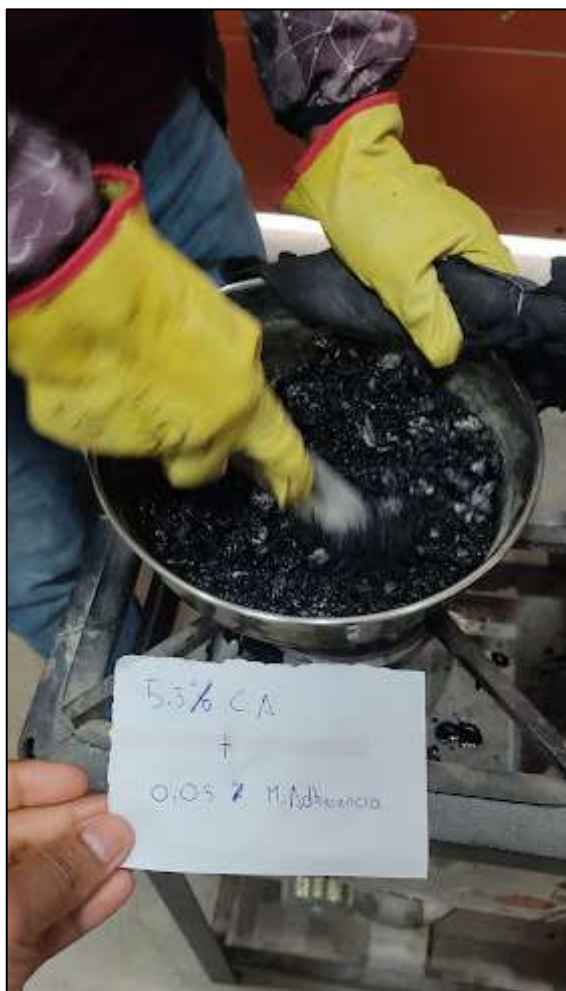
*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

- e) Se homogenizó rápidamente la mezcla mediante una espátula, controlando la temperatura de mezclado. Se debe mezclar adecuadamente garantizando que el cemento asfáltico recubra todas las partículas de los agregados. Paralelamente, se debe calentar en el horno el molde cilíndrico que recibirá la mezcla homogenizada para luego ser compactada con el martillo Marshall, calentado

previamente.

### Imagen N° 13.

*Mezclado de los materiales para su homogenización para un 5.3 % de C.A.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

- f) Antes de proceder a vaciar la mezcla, se deberá medir la temperatura de compactación, deberá estar dentro de los rangos de 140 °C a 150 °C según la carta de viscosidad-temperatura.

### Imagen N° 14.

*Temperatura de la mezcla previa a su compactación para un 5.3 % de C.A.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

- g) Se emplearon 75 golpes por cada cara conforme lo expresa la normativa vigente EG-2013 para una Clase “A”. Luego se dejó enfriar para luego desmoldarlas y dejarlas a temperatura ambiente por 24 horas. A cada briqueta se la rotuló indicando su porcentaje de cemento asfáltico y un número del 1-4 según corresponda.

**Imagen N° 15.**

*Calentamiento en el horno de los moldes Marshall*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 16.**

*Vertido de la mezcla en molde Marshall para un 5.8 % C.A.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 17.**

*Compactación de la mezcla en molde Marshall para un 6.3 % C.A.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

h) Todo este proceso fue realizado para todas las briquetas fabricadas.

**Imagen N° 18.**

*Mezclado y densificación de la mezcla asfáltica en Laboratorio.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 19.**

*Fabricación de las briquetas mediante el método Marshall.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

- i) Luego, las briquetas fueron ensayadas para analizar el óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con mejorador adherencia, teniendo en cuenta sus propiedades volumétricas.
- j) Finalmente, se realizó la comparación entre los óptimos contenidos de cemento asfáltico y determinar si incorporando mejorador de adherencia se logra reducir el óptimo contenido de cemento asfáltico.

### **2.8.3. Pruebas y ensayos realizados a las briquetas**

Luego de realizar la fabricación de las 12 briquetas, éstas fueron ensayadas para determinar sus propiedades volumétricas y valores de estabilidad-flujo conforme se estipula en el Diseño Marshall.

**2.8.3.1. Peso Unitario de la briketa.** Para la ejecución de este ensayo se utilizó la Normativa MTC E 514, el peso unitario está definido por la siguiente ecuación:

#### **Ecuación N° 1.**

*Cálculo de Peso Unitario*

$$\text{Peso Unitario} = \frac{A}{(B - C)}$$

A= Peso del espécimen seco (gr.)

B= Peso del espécimen saturado superficialmente seco (gr.)

C= Peso del espécimen sumergido (gr.)

*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 20.**

*Determinación de los pesos secos al aire.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 21.**

*Determinación del peso sumergido mediante una balanza hidrostática.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**2.8.3.2. Ensayo Rice y Porcentaje de Vacíos.** Permite hallar la máxima densidad teórica de las muestras, cuyo procedimiento está estipulado en la Normativa MTC E 508.

Con los valores obtenidos del ensayo rice se pueden calcular los porcentajes de vacíos de cada briqueta compactada, acorde al procedimiento indicado en la Normativa MTC E 505.

**Ecuación N° 2.**

*Cálculo del % de vacíos*

$$\% \text{ vacíos} = 100 \times \left( \frac{P.\text{Teórico Máximo} - P.\text{Unitario}}{P.\text{Teórico Máximo}} \right)$$

*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 22.**

*Muestra de mezcla asfáltica con 5.8% de C.A. para ensayo RICE.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

### Imagen N° 23.

*Equipo para ensayo RICE.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**2.8.3.3. Vacíos en el agregado mineral (VMA).** Estos vacíos se calculan de la siguiente manera.

#### **Ecuación N° 3.**

*Cálculo del % de VMA*

$$\% VMA = 100 - \left( \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right)$$

Gmb= Gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada (gr.)

Gsb= Gravedad específica del total de agregado.

Ps= contenido del agregado en la mezcla en porcentaje.

*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**2.8.3.4. Vacíos llenos con asfalto (VAF).** Se calculan mediante la ecuación:

**Ecuación N° 4.**

*Cálculo del % de VAF*

$$\% VAF = 100 - \left( \frac{VMA - VA}{VMA} \right)$$

VMA= Vacíos en el agregado mineral

VA= Vacíos de aire

*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**2.8.3.5. Estabilidad y flujo.** Previamente las briquetas fueron sumergidas en baño maría por 30 minutos a 60 °C, conforme lo estipula la Normativa MTC E 504. Después de permanecer sumergidas, se procede a ensayarlas en la prensa Marshall. Previo a ello se ubican los deformímetros correspondientes. Luego se procedió a aplicar la carga a una velocidad constante. Cuando la aguja del deformímetro que mide la estabilidad comienza a retroceder, se para el ensayo e inmediatamente se miden los valores indicados en los deformímetros de la estabilidad y flujo.

**Imagen N° 24.**

*Colocación de briquetas en baño maría.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

**Imagen N° 25.**

*Colocación de briquetas en la mordaza Marshall.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

## Imagen N° 26.

*Colocación de dial para medición de flujo.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

### 2.9. Análisis de Datos

Luego de realizar los ensayos descritos a las briquetas, se dieron los resultados de laboratorio:

**Tabla N° 13.**

*Resultados de los ensayos Marshall*

	<b>C.A.</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Estabilidad</b>	<b>Flujo</b>	<b>V.A.</b>	<b>V.M.A.</b>	<b>V.A.F</b>
	<b>(%)</b>	<b>(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>(Kilo-fuerza)</b>	<b>(in/100)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>01</b>	4.8	2.352	1154	10.7	6.1	15.88	61.5
<b>02</b>	4.8	2.356	1170	10.9	6.0	15.74	62.2
<b>03</b>	4.8	2.353	1171	10.3	6.1	15.86	61.6
<b>04</b>	5.3	2.370	1240	12.0	4.7	15.67	70.3
<b>05</b>	5.3	2.377	1225	12.4	4.4	15.44	71.6
<b>06</b>	5.3	2.375	1237	11.8	4.5	15.50	71.3
<b>07</b>	5.8	2.385	1241	12.9	3.3	15.61	78.8

<b>08</b>	5.8	2.385	1252	12.6	3.3	15.60	78.9
<b>09</b>	5.8	2.392	1195	12.7	3.0	15.36	80.3
<b>10</b>	6.3	2.395	1168	13.6	2.2	15.68	85.8
<b>11</b>	6.3	2.393	1177	13.8	2.3	15.78	85.1
<b>12</b>	6.3	2.389	1183	13.3	2.5	15.90	84.4

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

Así mismo, en la siguiente tabla se muestran los resultados promedios para cada porcentaje de cemento asfáltico.

**Tabla N° 14.**

*Promedio de los resultados Marshall por contenido de cemento asfáltico.*

<b>C.A.</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Estabilidad</b>	<b>Flujo</b>	<b>V.A.</b>	<b>V.M.A.</b>	<b>V.A.F</b>
<b>(%)</b>	<b>(gr/cm3)</b>	<b>(Kilo-fuerza)</b>	<b>(in/100)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>4.8</b>	2.354	1165	10.6	6.1	15.83	61.8
<b>5.3</b>	2.374	1234	12.1	4.5	15.54	71.1
<b>5.8</b>	2.387	1229	12.7	3.2	15.52	79.3
<b>6.3</b>	2.392	1176	13.6	2.3	15.79	85.1

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

Obtenidos resultados, se procederá a elaborar los gráficos de porcentaje de asfalto vs las demás propiedades previamente calculadas. La normativa EG-2013 especifica que el porcentaje de vacíos, en vías de tránsito pesado, deberá estar comprendido entre 3% a 5%.

Para el Instituto del Asfalto, el % de vacíos será el parámetro de entrada dentro de los gráficos, a partir del cual se podrán calcular las demás variables del diseño Marshall. Así mismo, indica que se deberá utilizar un 4% de vacíos como parámetro de entrada.

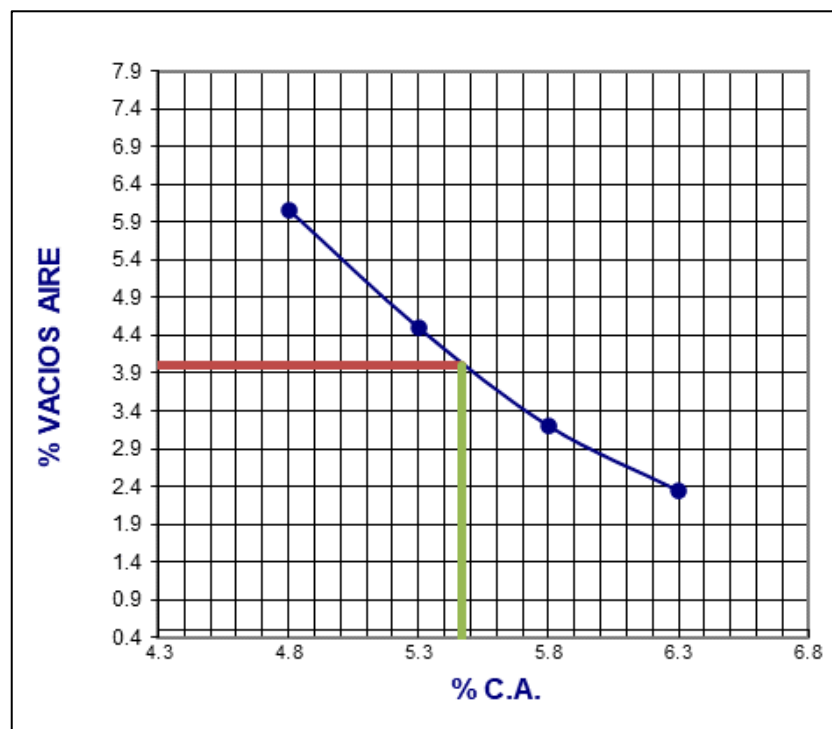
En los siguientes gráficos se observan los valores obtenidos a partir de un porcentaje de vacíos igual a 4%.

En el Gráfico N° 2 se observa que a mayor incremento del % de cemento asfáltico, el

% de vacíos disminuye. Para un % de vacíos igual a 4, se obtiene un % de cemento asfáltico igual a 5.47 %.

**Gráfica N° 2.**

*% C.A. vs % Vacíos*

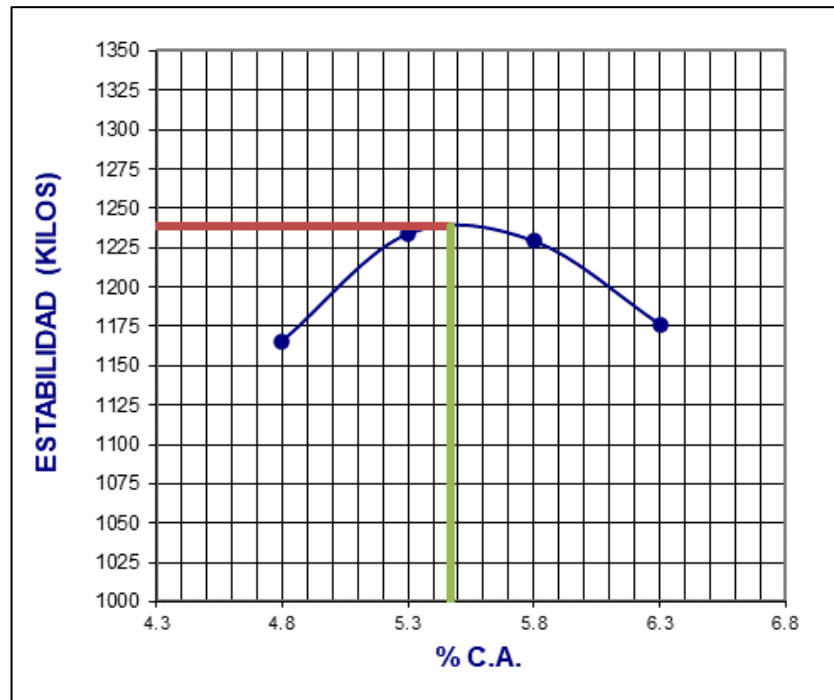


*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

En el Gráfico N° 3 se ve que la estabilidad Marshall aumenta hasta determinado valor de cemento asfáltico, pasado este valor comienza a decrecer. Esto tiene lógica puesto que al existir más cemento asfáltico en la mezcla se generará una película de asfalto más gruesa que recubrirá en exceso al agregado, lo cual no permite una adecuada trabazón entre los agregados. Se determina que para un % de C.A. igual a 5.47, se obtiene una Estabilidad de 1239 Kilos.

### Gráfica N° 3.

*% C.A. vs Estabilidad Marshall*

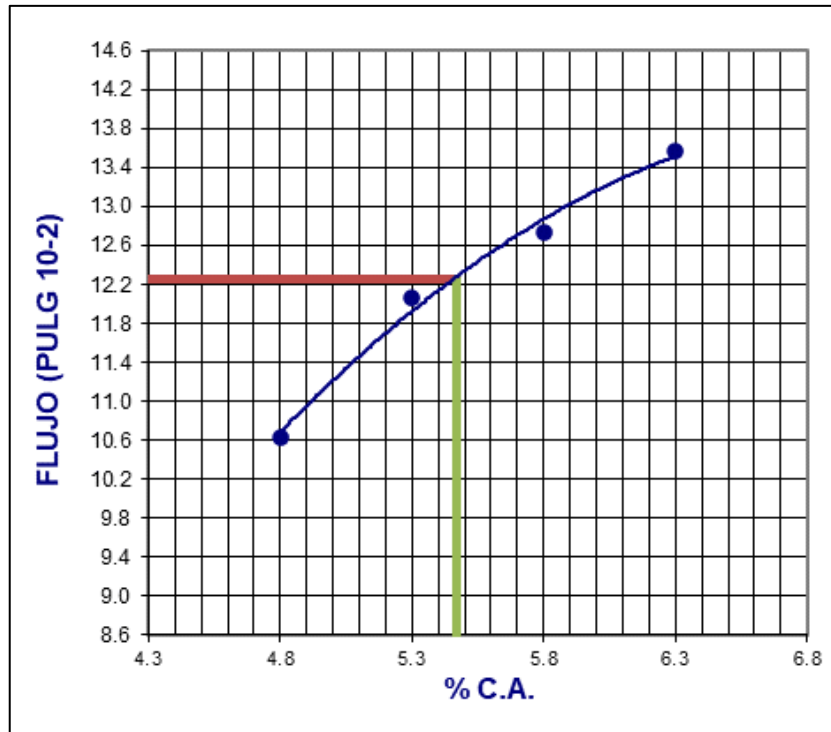


*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

En el Gráfico N° 4 se observa como el % de cemento asfáltico y flujo aumentan paralelamente. Este comportamiento también tiene lógica, puesto que como se apreció en la tabla anterior, al aumentar en exceso el % de cemento asfáltico la estabilidad disminuye puesto que la mezcla se vuelve más plástica, por lo que el flujo tiende a aumentar. Se determina que para un % de C.A. igual a 5.47, se obtiene un flujo Marshall de 12.3 centésimas de pulgada.

### Gráfica N° 4.

*% C.A. vs Flujo Marshall*

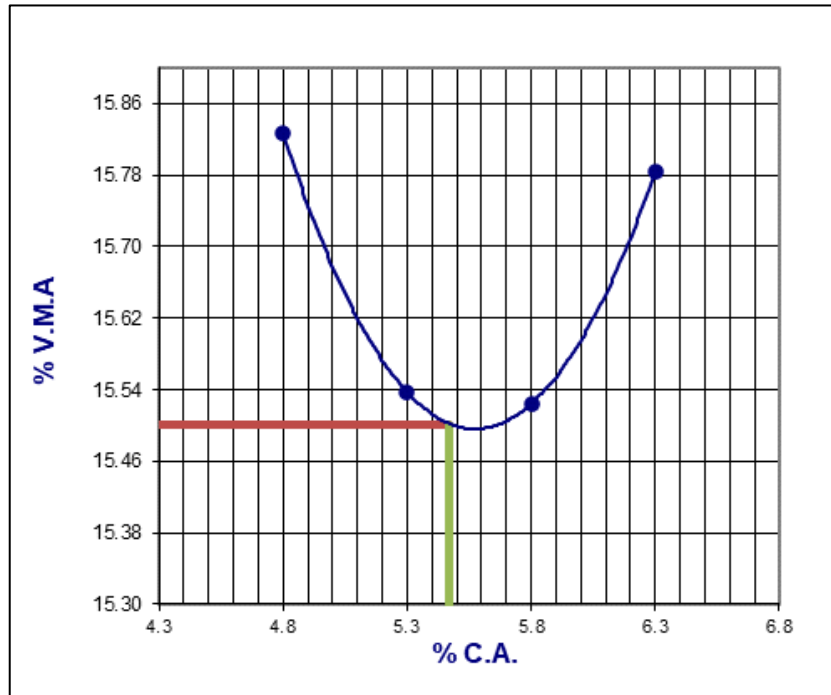


*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

En el Gráfico N° 5 se ve que a medida que el % de cemento asfáltico aumenta, el % V.M.A disminuye hasta cierto rango para luego cambiar su tendencia y aumentar conforme aumenta el % de cemento asfáltico. Se determina que para un % de cemento asfáltico igual a 5.47 se obtiene un % de V.M.A. de 15.50 %.

### Gráfica N° 5.

*% C.A. vs Vacíos Agregado Mineral (VMA)*

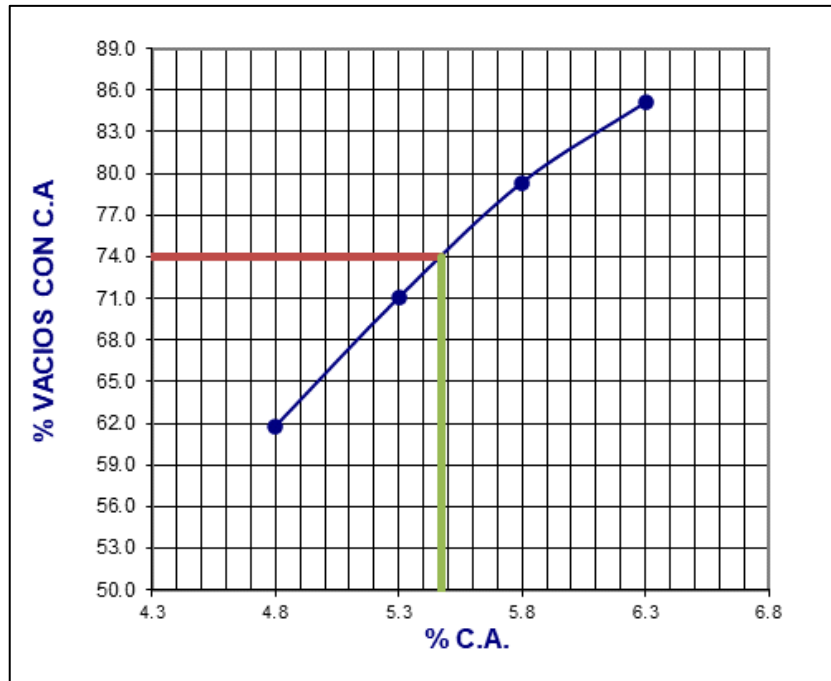


*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

En el Gráfico N° 6 se observa como al crecer el % de cemento asfáltico el % de vacíos llenos de asfalto (VAF) también aumenta. Se determina que para un % de cemento asfáltico igual a 5.47 se obtiene un % de V.A.F. de 74 %.

### Gráfica N° 6.

*% C.A. vs Vacíos Llenos de Asfalto (VAF)*

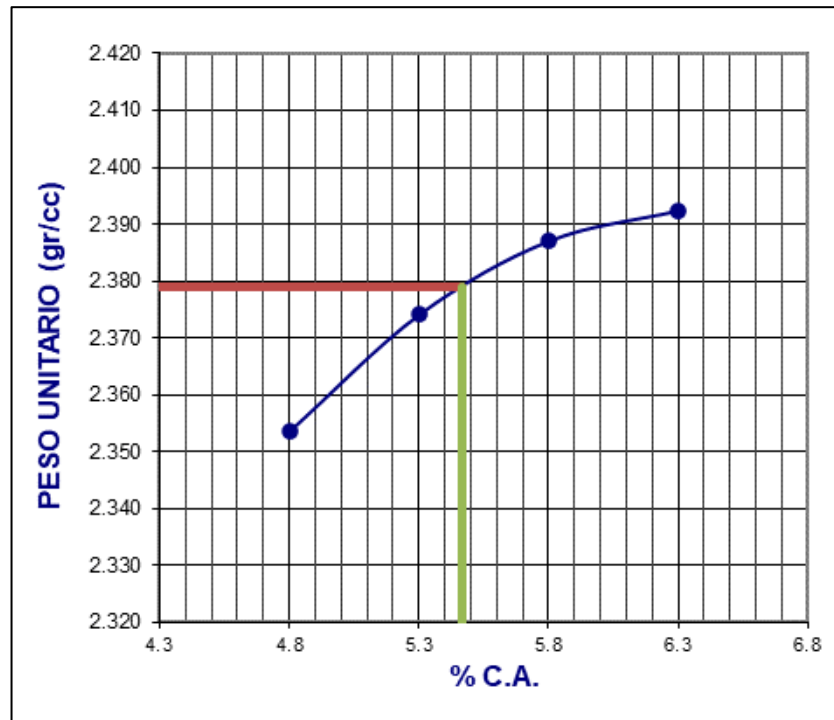


*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

En el Gráfico N° 7 se observa como al aumentar el % de cemento asfáltico, el peso unitario también lo hace. Se determina que para un % de cemento asfáltico igual a 5.47 se obtiene un peso unitario de 2.379 gr/cm<sup>3</sup>.

**Gráfica N° 7.**

*% C.A. vs Peso Unitario*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

Se muestran los valores obtenidos de las gráficas para un % de vacíos igual a 4% y un contenido de cemento asfáltico igual a 5.47%.

**Tabla N° 15.**

*Resumen de resultados del Ensayo Marshall*

C.A. (%)	P. Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	Estabilidad (Kilo-fuerza)	Flujo (in/100)	V.A. (%)	V.M.A. (%)	V.A.F (%)
5.47	2.379	1239	12.3	4.0	15.5	74.0

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

Luego de obtenido los valores de los resultados Marshall, éstos deben ser comparados

con los valores exigidos en la normativa vigente EG-2013, conforme se realiza en la siguiente tabla:

**Tabla N° 16.**

*Verificación de exigencias solicitadas en la EG-2013*

Ensayo	Exigencia EG-2013	Valor del ensayo	Condición
<b>Estabilidad (kgf)</b>	831 mínimo	1239	CUMPLE
<b>Flujo (0.01")</b>	8 - 14	12.3	CUMPLE
<b>Vacíos (%)</b>	3 - 5	4.0	CUMPLE
<b>V.M.A. (%)</b>	14	15.5	CUMPLE
<b>Estabilidad/flujo (kg/cm3)</b>	1700 - 4000	3982.0	CUMPLE

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

Debido a que cumple con todas las exigencias solicitadas, estos resultados serán los valores del Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con mejorador de adherencia al 0.05%.

Estos resultados serán comparados con el diseño base, en donde se podrá apreciar si se logró reducir el porcentaje de cemento asfáltico.

**Tabla N° 17.**

*Comparativo de óptimos porcentajes de cemento asfáltico*

	C.A. (%)	P. Unitario (gr/cm3)	Estabilidad (Kilo-fuerza)	Flujo (in/100)	V.A. (%)	V.M.A. (%)	V.A.F (%)
<b>Diseño Base</b>	<b>5.58</b>	2.376	1233	12.3	4.2	15.7	73.1
<b>Diseño con Mejorador de Adherencia</b>	<b>5.47</b>	2.379	1239	12.3	4.0	15.5	74.0

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

Se puede apreciar que la reducción del óptimo contenido de cemento asfáltico tuvo un valor de 0.11%.

## 2.10. Discusión de resultados

Luego de realizar las pruebas de laboratorio, los resultados fueron:

1. Se evidenció que la utilización del mejorador de adherencia Ravasol APS92 logró reducir la cantidad de cemento asfáltico con respecto al diseño base, pasando de un óptimo de 5.58% a 5.47%, siendo una reducción de 0.11%. Resultados similares fueron obtenidos por Escobar y Tunala (2019), quienes lograron reducir en 0.10% su óptimo de cemento asfáltico utilizando un mejorador de adherencia.
2. Esta reducción se refleja también en una disminución del empleo de galones de ligante bituminoso utilizado por m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica, utilizando para el diseño base 34.51 galones/m<sup>3</sup> mientras que para el diseño con mejorador de adherencia se requiere 33.87 galones/m<sup>3</sup>, brindando un ahorro de 0.64 galones/m<sup>3</sup> conforme se evidencia en las siguientes tablas.

**Tabla N° 18.**

*Cálculo de cantidad de galones de C.A. x m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica - diseño base*

DISEÑO BASE		
Descripción	Valores	
% C.A.	5.58	%
Marshall	2.376	gr/cm <sup>3</sup>
Marshall	2376	kg/m <sup>3</sup>
Peso de la MAC x m <sup>3</sup>	2376	kg
Peso del asfalto x m <sup>3</sup>	132.58	kg
Densidad del asfalto	1015	kg/m <sup>3</sup>
<b>Galones x m<sup>3</sup></b>	<b>34.51</b>	

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

**Tabla N° 19.**

*Cálculo de cantidad de galones de C.A. x m3 de mezcla asfáltica - diseño con mejorador de adherencia*

<b>Diseño con Mejorador de Adherencia</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>	
<b>% C.A.</b>	5.47	%
<b>Marshall</b>	2.379	gr/cm3
<b>Marshall</b>	2379	kg/m3
<b>Peso de la MAC x m3</b>	2379	kg
<b>Peso del asfalto x m3</b>	130.13	kg
<b>Densidad del asfalto</b>	1015	kg/m3
<b>Galones x m3</b>	<b>33.87</b>	

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

3. El costo de fabricación de la mezcla asfáltica considerada en el diseño base es de S/. 539.92 soles, mientras que el costo de fabricación de ésta con mejorador de adherencia es de S/. 539.49, generando un ahorro de S/ 0.43 soles por m3 de mezcla asfáltica. Se ha considerado el tipo de cambio igual a S/. 3.86 conforme lo brinda la SUNAT para el día 15/11/2022.

**Tabla N° 20.**

*Costo de fabricación de MAC (diseño base)*

<b>Insumos</b>	<b>Dosis</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio x m3</b>
<b>Arena chancada Yorfino</b>	0.57	S/35.50	S/20.24
<b>Transp. Arena chancada Yorfino</b>	0.57	S/6.00	S/3.42
<b>Piedra chancada Yorfino</b>	0.43	S/35.50	S/15.27
<b>Transp. Piedra chancada Yorfino</b>	0.43	S/6.00	S/2.58
<b>Petróleo</b>	0.50	S/14.02	S/7.01

<b>PEN (puesto en planta)</b>		34.51	S/12.50	S/431.33
<b>Gasohol</b>		2.90	S/5.27	S/15.28
<b>Cargador frontal</b>		1.00	S/2.50	S/2.50
<b>Gas</b>		0.02	S/185.00	S/3.70
<b>Aditivo Ravasol</b>	<b>0.00%</b>	0.000	S/115.80	S/0.00
<b>Alquiler de planta</b>		10.00	S/3.86	S/38.60
				<b>S/539.92</b>

*Nota.* Fuente, Elaboración propia

**Tabla N° 21.**

*Costo de fabricación de MAC + Mejorador de Adherencia*

<b>Insumos</b>		<b>Dosis</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio x m3</b>
<b>Arena chancada Yorfino</b>		0.57	S/35.50	S/20.24
<b>Transp. Arena chancada Yorfino</b>		0.57	S/6.00	S/3.42
<b>Piedra chancada Yorfino</b>		0.43	S/35.50	S/15.27
<b>Transp. Pieda chancada Yorfino</b>		0.43	S/6.00	S/2.58
<b>Petróleo</b>		0.50	S/14.02	S/7.01
<b>PEN (puesto en planta)</b>		33.87	S/12.50	S/423.36
<b>Gasohol</b>		2.90	S/5.27	S/15.28
<b>Cargador frontal</b>		1.00	S/2.50	S/2.50
<b>Gas</b>		0.02	S/185.00	S/3.70
<b>Aditivo Ravasol</b>	<b>0.05%</b>	0.065	S/115.80	S/7.53
<b>Alquiler de planta</b>		10.00	S/3.86	S/38.60
				<b>S/539.49</b>

*Nota.* Fuente, Elaboración propia.

4. Se observa que la incorporación de un mejorador de adherencia brinda una mezcla con un mejor peso unitario, esto debido a que se disminuyen los porcentajes de vacíos del diseño base.
5. Se aprecia que la estabilidad de la mezcla con mejorador de adherencia es mayor comparada con la del diseño base, indicativo de que la mezcla ha mejorado sus propiedades de resistencia frente a los esfuerzos de corte.

## **CAPÍTULO III**

### **III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA**

Con el transcurso de los años trabajando para la empresa Inversiones Jenca S.A.C he liderado varios proyectos de construcción de pavimentos, cada uno de éstos con diferentes características y exigencias, logrando el término de los mismos con éxito y satisfacción de nuestro Cliente, lo cual nos ha llevado a obtener una imagen empresarial basada en la confianza y la calidad.

Dentro de mis aportes a la empresa Inversiones Jenca S.A.C destaco los siguientes:

- Supervisión para una adecuada calidad de los agregados en nuestro laboratorio de asfalto y verificación en Entidades reconocidas o inscritas en el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Elaboración de Dossiers de Calidad, brindando una estructura que a la fecha de hoy se mantiene para nuestros diferentes proyectos.
- Revisión de las Especificaciones Técnicas de los proyectos donde participamos, con la finalidad de conocer las exigencias y poder entregar un presupuesto que integre estas solicitudes, evitando así futuras pérdidas para la empresa.
- Coordinación con los profesionales indicados por nuestros Clientes, brindando la información requerida para que puedan cumplir con sus obligaciones contractuales.
- Visita a campo durante y después de los trabajos de colocación de mezcla asfáltica, brindando soluciones técnicas ante cualquier evento.
- Revisión de los contratos antes de su firma, detectando cláusulas y/o condiciones que no formen parte de nuestros trabajos y puedan perjudicar a la empresa.

## CAPÍTULO IV

### IV. CONCLUSIONES

1. El empleo de un mejorador de adherencia permitió la reducción del porcentaje óptimo del cemento asfáltico en un pavimento flexible comparado con el diseño base, tal como se evidencia en la Tabla N° 17. En este sentido, se confirma que la hipótesis general planteada **es verdadera**.

Realizando un análisis a cada una de las hipótesis específicas tenemos las siguientes conclusiones:

2. Respecto a la hipótesis específica 1: Se comprueba que la utilización de la dosificación mínima del mejorador de adherencia brinda resultados favorables con respecto a las propiedades volumétricas y mecánicas, la cual cumple con las exigencias solicitadas por la normativa EG-2013 conforme se evidencia en la Tabla N° 16. En este sentido, se puede afirmar que esta hipótesis **es verdadera**.
3. Respecto a la hipótesis específica 2: Se comprueba que la dosificación mínima del mejorador de adherencia logró reducir el porcentaje de ligante bituminoso y con ello minorar los costos de fabricación de la mezcla asfáltica, conforme se evidencia en las Tablas N° 20 y 21. En este sentido, se puede afirmar que esta hipótesis **es verdadera**.

## CAPÍTULO V

### V. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar un nuevo diseño de mezcla asfáltica considerando un porcentaje de utilización igual a 0.10%, con el fin de determinar si con este porcentaje de uso se logra reducir aún más la cantidad de cemento asfáltico o brinda otros beneficios mecánicos a la mezcla asfáltica.
2. Se sugiere usar un mejorador de adherencia con el propósito de contribuir a una adecuada adherencia entre el cemento asfáltico y agregado, aumentando la resistencia de la mezcla asfáltica frente al agua e intemperismo y reduciendo los problemas de desprendimiento. Así mismo, se recomienda realizar los ensayos de performance tales como las pruebas de deformación permanente y vida fatiga, obteniendo así un diseño que nos permita obtener pavimentos más duraderos durante su tiempo de servicio.
3. Se recomienda realizar un análisis económico en el tiempo con la incorporación del mejorador de adherencia, ya que al reducir los problemas de desprendimiento y aumento de la resistencia frente a la susceptibilidad, probablemente los trabajos de mantenimiento se reduzcan o se ejecuten a mayores intervalos de tiempo, disminuyendo los costos de mantenimiento de las vías.

## CAPÍTULO VI

### VI. REFERENCIAS

Alarcón, D. y Cárdenas, M. (2021). *Mezcla asfáltica modificada con polímero SBS para la optimización de las propiedades de la mezcla asfáltica*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/xmlui/handle/URP/4698>

Asphalt Institute (1982). *Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente*. (Serie de Manuales N° 22). <https://vdocuments.mx/ms-22-principios-de-construccion-de-pavimentos-de-mezcla-asfalticas.html?page=1>

Balbín, M. y Enriquez, R. (2020). *Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3672>

Casanova, L. (2017). *Empleo de mezclas asfálticas modificadas con nanotecnología para el mejoramiento de la estructura de pavimento flexible en la construcción de los terceros carriles de la vía Bucaramanga- Cuestaboba*. [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional de la Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/17065>

Escobar, P. y Tunala, A. (2019). *Comparación del comportamiento de mezclas asfálticas tibias (WMA) y mezclas asfálticas en caliente (HMA) con agregados de la mina de Guayllabamba*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio de la Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17645>

Garzón, E. y Cárdenas, Á. (2013). *Variación de temperatura de los componentes de una mezcla densa en caliente tipo 3 con cemento asfáltico 80-100*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio de la Universidad Católica de Colombia. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/914/2/Variaci%C3%B3n-temperatura-componentes-MDC\\_tipo-3-cemento%20asf%C3%A1ltico\\_80-100.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/914/2/Variaci%C3%B3n-temperatura-componentes-MDC_tipo-3-cemento%20asf%C3%A1ltico_80-100.pdf)

Gualtero, J. (2022). *Estado del arte del uso de la nanotecnología para pavimentos hidráulicos y flexibles en Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio de la Universidad Santo Tomás. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5479>

Jiménez, G. (2012). *Mejoramiento del asfalto 60/70 y la mezcla asfáltica MDC-2 con nanotubos de carbono obtenidos a partir de metano vía catalítica*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.12682>

Maila, M. (2013). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Séneca Repositorio de la Universidad Central del Ecuador. <https://core.ac.uk/download/pdf/71898835.pdf>

Mantilla, I. (2012). *Potencial uso de la nanotecnología en la infraestructura vial en Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad De Los Andes]. Séneca Repositorio Institucional de la Universidad De Los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/11696>

Orellana, S. (2016). *Análisis del comportamiento y beneficio de las mezclas asfálticas tibias*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5479>

Villegas, R., Aguiar, J., Vega, J., Leiva, F., Loría, L., Salazar, J., Porras, M. y Vargas, A. (2013). La Nanotecnología en las Carreteras, una Posibilidad Real: Experiencia en Costa Rica. *Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR, 314*, pp. 1-12. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/524>

## **CAPÍTULO VII**

### **VII. ANEXOS**

- A.** Diseño de mezcla asfáltica base.
- B.** Ensayos físico-químicos de los agregados de la cantera Yorfino.
- C.** Ficha Técnica del aditivo RAVASOL APS92.
- D.** Diseño de mezcla asfáltica con mejorador de adherencia RAVASOL APS92.

## **Anexo A**

### **Diseño de mezcla asfáltica base**

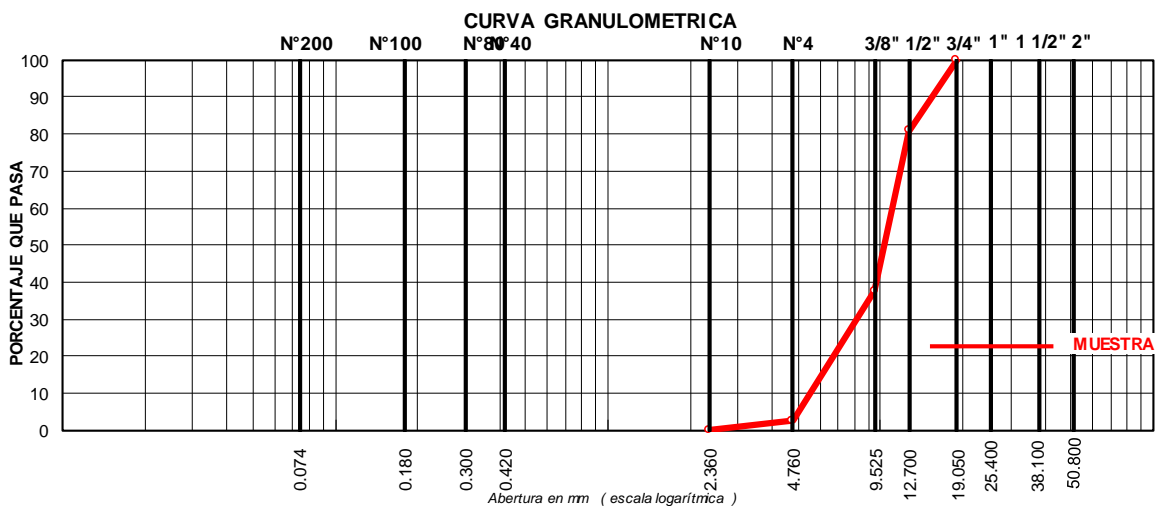
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR A. VILLANUEVA H.  
 UBICACIÓN : ING. RESP. J. ASCUE G.  
 MATERIAL : GRAVA TRITURADA < 3/4" FECHA 01/10/2022  
 PROCEDENCIA : CANTERA YORFINO CODIGO 005-2022

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA ASTM C-136 AASHTO T-27 MTC E-204

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO :	
2 1/2"	63.500					3/4"	
2"	50.800					CANTERA: YORFINO	
1 1/2"	38.100					PESO INICIAL :	7.203.0 gr
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.00		
1/2"	12.700	1,377.0	19.1	19.1	80.9	OBSERVACIONES :	
3/8"	9.525	3,130.0	43.5	62.6	37.4		
1/4"	6.350		0.0			GRAVA TRITURADA < 3/4"	
N° 4	4.760	2,517.0	34.9	97.5	2.5		
N° 8	2.360	179.0	2.5	100.0	0.0		
N° 10	2.000						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 80	0.180						
N° 200	0.074						
< 200	-						



OBSERVACIONES:

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JULIO ALFREDO ASCUE GALEANO  
 INGENIERO CIVIL  
 No. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 35247

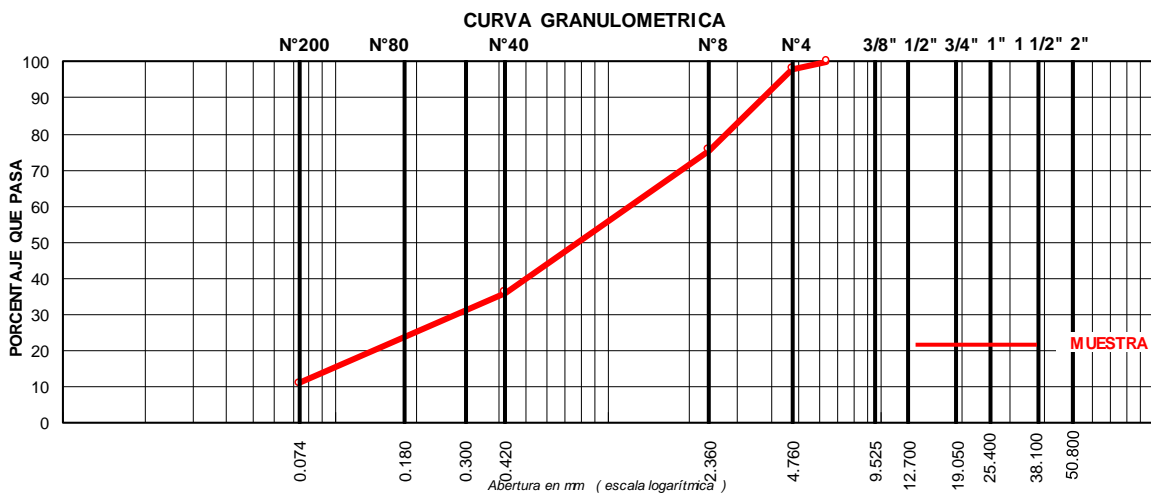
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR A. VILLANUEVA H.  
 UBICACIÓN : ING. RESP. J. ASCUE G.  
 MATERIAL : ARENA CHANCADA <1/4" FECHA 01/10/2022  
 PROCEDENCIA : CANTERA YORFINO CODIGO 005-2022

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA ASTM C-136 AASHTO T-27 MTC E-204

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
						TAMAÑO MAXIMO : 1/4"
						CANTERA: YORFINO
						PESO INICIAL : 992.0 gr
						OBSERVACIONES :
						ARENA TRITURADA < 1/4"
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350				100.0	
N° 4	4.760	20.5	2.1	2.1	97.9	
N° 8	2.360	223.0	22.5	24.5	75.5	
N° 16	2.000	223.9	22.6	47.1	52.9	
N° 30	0.420	168.3	17.0	64.1	35.9	
N° 50	0.300	99.6	10.0	74.1	25.9	
N° 100	0.180	84.9	8.6	82.7	17.3	
N° 200	0.074	63.9	6.4	89.1	10.9	
< 200	-	107.9	10.9	100.0		



OBSERVACIONES:

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JUAN CARLOS AGUIRRE GUERRERO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 15167

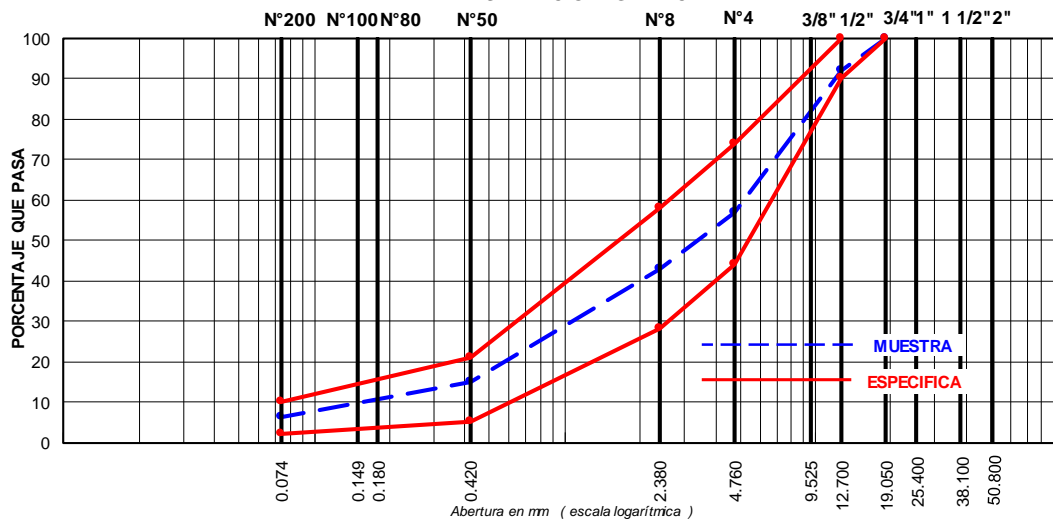
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR A. VILLANUEVA H.  
 UBICACIÓN : ING. RESP. J. ASCUE G.  
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA 01/10/2022  
 PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO 005-2022

**COMPOSICION DE MEZCLA**  
 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON PEN 60/70

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	GRAVA TRITURADA (M-1) 43%	ARENA CHANCADA (M-2) 57%	MEZCLA	ESPECIFICACIÓN ASTM D3515 D - 5	TOLERANCIAS
				PORCENTAJE QUE PASA		
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050			100.0	100	+/-5%
1/2"	12.700	80.9		91.8	90 - 100	+/-5%
3/8"	9.525	37.4		73.1		
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	2.5	97.9	56.9	44 - 74	+/-5%
N° 8	2.380	0.0	75.5	43.0	28 - 58	+/-4%
N° 10	2.000					
N° 50	0.420		25.9	14.8	5 - 21	+/-3%
N° 80	0.180					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074		10.9	6.2	2 - 10	+/-2%
< 200	-					

**REPRESENTACION GRAFICA**



  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JULIO WILFREDO ASCUE GUERRERO  
 INGENIERO CIVIL  
 del Colegio de Ingenieros del Perú N° 10147



**INVERSIONES  
JENCA  
SAC**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS**

OBRA :  
SOLICITANTE : DISEÑADO POR A. VILLANUEVA H.  
UBICACIÓN : ING. RESP. J. ASCUE G.  
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA 01/10/2022  
PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO 005-2022

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO  
NORMA ASTM C-128 AASHTO T-84 MTC E-205**

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	400.0	400.0	400.0	
B	Peso del Frasco + Agua (gr)	643.4	710.7	694.1	
C	Peso del Frasco + Agua + A (gr)	1,043.4	1,110.7	1,094.1	
D	Peso del Material + Agua en el Frasco (gr)	894.1	961.3	944.8	
E	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = C-D (gr)	149.3	149.4	149.3	
F	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	398.2	398.1	398.3	
G	Volúmen de Masa = E-(A-F) (gr)	147.5	147.5	147.6	
	Peso Esp. Aparente = F/(B+A-D) (gr/cc)	2.67	2.66	2.67	<b>2.667</b>
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(B+A-D) (gr/cc)	2.679	2.677	2.679	<b>2.679</b>
	Peso Esp. Nominal = F/(B+F-D) (gr/cc)	2.700	2.699	2.699	<b>2.699</b>
	% de Absorción = ((A-F)/F)*100 (%)	0.452	0.477	0.427	<b>0.465</b>

OBSERVACIONES: Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas (EG - 2013 Máximo 0.5% p/<3000 msnm)

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO  
NORMA ASTM C-127 AASHTO T-85 MTC E-206**

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	2,000.0	2,000.0	2,000.0	
B	Peso del Material Sat. Sup. Seco (en Agua) (gr)	1,254.0	1,253.0	1,251.0	
C	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = A-B (gr)	746.0	747.0	749.0	
D	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	1,985.3	1,984.5	1,984.6	
E	Volúmen de Masa = C-(A-D) (gr)	731.3	731.5	733.6	
	Peso Esp. Aparente = D/(A-B) (gr/cc)	2.661	2.657	2.650	<b>2.656</b>
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(A-B) (gr/cc)	2.681	2.677	2.670	<b>2.676</b>
	Peso Esp. Nominal = D/(D-B) (gr/cc)	2.715	2.713	2.705	<b>2.711</b>
	% de Absorción = ((A-D)/D)*100 (%)	0.740	0.781	0.776	<b>0.766</b>

OBSERVACIONES: Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas (EG - 2013 Máximo 1.0% p/<3000 msnm)  
Mezcla de Arenas para Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.  
Mezcla de Agregados para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

Luis A. Villanueva Hoyos  
TÉCNICO LABORATORISTA

INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 35307

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS**

**NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508**

<b>OBRA</b> :		
<b>SOLICITANTE</b> :		<b>DISEÑADO POR</b> A. VILLANUEVA H.
<b>UBICACIÓN</b> :		<b>ING. RESP.</b> J. ASCUE G.
<b>MATERIAL</b> :	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	<b>FECHA</b> 1/10/2022
<b>PROCEDENCIA</b> :	PLANTA DE ASFALTO	<b>CODIGO</b> 005-2022

<b>MUESTRA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<i>Tipo de Mezcla</i>	<b>ASTM D3515 D-5</b>			<b>ASTM D3515 D-5</b>		
<i>Porcentaje de Asfalto</i>	<b>4.80</b>	<b>4.80</b>	<b>4.80</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>
1- <i>Peso del Frasco</i>	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0
2- <i>Peso del Frasco + Agua (25°C)</i>	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0
3- <i>Diferencia del Pesos (4-5)</i>	9,160.0	9,160.6	9,161.1	9,157.9	9,158.2	9,156.8
4- <i>Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)</i>	10,399.0	10,399.0	10,400.0	10,396.0	10,395.0	10,395.0
5- <i>Peso Neto de la Muestra</i>	1,239.0	1,238.4	1,238.9	1,238.1	1,236.8	1,238.2
6- <i>Agua Desplazada (2-3)</i>	494.0	493.4	492.9	496.1	495.8	497.2
<b>Peso Específico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</b>	<b>2.508</b>	<b>2.510</b>	<b>2.513</b>	<b>2.496</b>	<b>2.495</b>	<b>2.490</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.511</b>			<b>2.494</b>		

<b>MUESTRA</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<i>Tipo de Mezcla</i>	<b>ASTM D3515 D-5</b>			<b>ASTM D3515 D-5</b>		
<i>Porcentaje de Asfalto</i>	<b>5.80</b>	<b>5.80</b>	<b>5.80</b>	<b>6.30</b>	<b>6.30</b>	<b>6.30</b>
1- <i>Peso del Frasco</i>	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0
2- <i>Peso del Frasco + Agua (25°C)</i>	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0
3- <i>Diferencia del Pesos (4-5)</i>	9,154.1	9,152.2	9,152.5	9,147.5	9,148.0	9,147.1
4- <i>Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)</i>	10,392.0	10,389.0	10,390.0	10,386.0	10,386.0	10,385.0
5- <i>Peso Neto de la Muestra</i>	1,237.9	1,236.8	1,237.5	1,238.5	1,238.0	1,237.9
6- <i>Agua Desplazada (2-3)</i>	499.9	501.8	501.5	506.5	506.0	506.9
<b>Peso Específico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</b>	<b>2.476</b>	<b>2.465</b>	<b>2.468</b>	<b>2.445</b>	<b>2.447</b>	<b>2.442</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.470</b>			<b>2.445</b>		

**OBSERVACIONES:**

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JULIO ALFREDO AGUIRRE GUERRERO  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 15287



**INVERSIONES  
JENCA  
SAC**

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS**

**NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508**

OBRA :  
SOLICITANTE : DISEÑADO POR A. VILLANUEVA H.  
UBICACIÓN : ING. RESP. J. ASCUE G.  
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA 01/10/2022  
PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO 005-2022

MUESTRA	1	2	3			
Tipo de Mezcla	<b>ASTM D3515 D-5</b>					
Porcentaje de Asfalto	<b>5.58</b>	<b>5.58</b>	<b>5.58</b>			
1- Peso del Frasco	5,468.0	5,468.0	5,468.0			
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)	9,654.0	9,654.0	9,654.0			
3- Diferencia del Pesos (4-5)	9,154.1	9,154.8	9,154.5			
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)	10,393.0	10,394.0	10,394.0			
5- Peso Neto de la Muestra	1,238.9	1,239.2	1,239.5			
6- Agua Desplazada (2-3)	499.9	499.2	499.5			
<b>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</b>	<b>2.478</b>	<b>2.482</b>	<b>2.481</b>			
<b>Promedio</b>	<b>2.481</b>					

MUESTRA						
Tipo de Mezcla						
Porcentaje de Asfalto						
1- Peso del Frasco						
2- Peso del Frasco + Agua (25°C)						
3- Diferencia del Pesos (4-5)						
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)						
5- Peso Neto de la Muestra						
6- Agua Desplazada (2-3)						
<b>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</b>						
<b>Promedio</b>						

OBSERVACIONES:

Luis A. Villanueva Hoyos  
TÉCNICO LABORATORISTA

ALDO WILFREDO AGUIRRE GUERRERO  
INGENIERO CIVIL  
C.O.P. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 15287

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

OBRA : \_\_\_\_\_

SOLICITANTE : \_\_\_\_\_ DISEÑADO POR A. VILLANUEVA H.

UBICACIÓN : \_\_\_\_\_ ING. RESP. J. ASCUE G.

MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA 01/10/2022

PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO 005-2022

**ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
CON ASFALTO PEN 60/70**

**1.- MEZCLA DE AGREGADOS :** (Proporción en Peso)

Grava Triturada 43.0%

Arena Triturada 57.0%

Especificaciones de Gradación ASTM D3515 D-5

**2.- LIGANTE BITUMINOSO :**

Tipo de Asfalto Pen 60/70

Mejorador de Adherencia --

Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico 5.58% (± 0.20)

Especificaciones de Gradación ASTM D3515 D-5

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL :		CARACTERÍSTICAS	REQUERIMIENTOS OBRA	
		DISEÑO ASTM D3515 D-5	MÍNIMO	MÁXIMO
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	(N°)	<b>75</b>	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	(%)	<b>5.58</b>	5.38	5.78
ESTABILIDAD	(Kg)	<b>1,233</b>	815	-
FLUJO	(Pulg)	<b>12.3</b>	8.0	14.0
V.M.A.	(%)	<b>15.7</b>	14.0	-
VACÍOS DE AIRE	(%)	<b>4.2</b>	3	5
ESTABILIDAD RETENIDA A 24 HORAS	(%)	<b>78.6</b>	75	-
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	(%)	<b>5.54</b>	5	-
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO	(kg/cm)	<b>3,948</b>	1,700	4,000
RELACIÓN POLVO / ASFALTO		<b>1.11</b>	0.6	1.3

**4.- TEMPERATURAS DE APLICACIÓN :**

Mezcla Asfáltica 152°C

Temperatura de Compactación 141°C

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JULIO ALFREDO INGUÉ GUERRERO  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 12121

## ENSAYO MARSHALL

**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :			
SOLICITANTE :		DISEÑADO POR :	A. VILLANUEVA H.
UBICACIÓN :		ING. RESP. :	J. ASCUE G.
MATERIAL :	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	FECHA :	01/10/2022
PROCEDENCIA :	PLANTA DE ASFALTO	CODIGO :	005-2022

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Número de Briqueta	Nº			
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	4.80	4.80	4.80
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	41.03	41.03	41.03
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	54.17	54.17	54.17
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%			
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656
8	Peso Específico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711
9	Peso Específico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667
10	Peso Específico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm			
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,240.5	1,237.0	1,239.8
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,244.0	1,241.6	1,243.1
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	716.5	714.0	715.2
16	Volumen de Briqueta (14-15)	cc	527.5	527.6	527.9
17	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.352	2.345	2.349
18	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.511	2.511	2.511
19	Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.488	2.488	2.488
20	Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	6.3	6.6	6.5
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662
22	Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.765	2.765	2.765
23	Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8))+4^2/(9+10)+(5/11))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23^2*1)$	%	0.30	0.30	0.30
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.1	83.9	84.0
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100*(25+20)$	%	9.57	9.54	9.56
27	Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	15.90	16.15	16.01
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	4.5	4.5	4.5
29	Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	60.2	59.1	59.7
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	10.3	10.8	10.5
31	Estabilidad sin corregir	Kilos	1158	1185	1165
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96
33	Estabilidad corregida $(28^*29)$	Kilos	1112	1138	1118
34	Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	60.2	59.1	59.7
35	Índice de rigidez	Kilos	4249.2	4147.0	4193.5

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JULIO WILFREDO ASCUE GARCERAN  
 INGENIERO CIVIL  
 del Colegio de Ingenieros del Perú N° 33387

## ENSAYO MARSHALL

**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :			
SOLICITANTE :		DISEÑADO POR :	A. VILLANUEVA H.
UBICACIÓN :		ING. RESP. :	J. ASCUE G.
MATERIAL :	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5		
PROCEDENCIA :	PLANTA DE ASFALTO		
		FECHA :	01/10/2022
		CODIGO :	005-2022

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
Nº		1	2	3	
1	Número de Briqueta	Nº			
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.30	5.30	5.30
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	40.82	40.82	40.82
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	53.88	53.88	53.88
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%			
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656
8	Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711
9	Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667
10	Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm			
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,239.1	1,239.5	1,240.9
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,241.6	1,241.9	1,242.2
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	716.5	718.8	719.2
16	Volumen de Briqueta (14-15)	cc	525.1	523.1	523.0
17	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.360	2.370	2.373
18	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.494	2.494	2.494
19	Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.470	2.470	2.470
20	Vacios con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	5.4	5.0	4.8
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662
22	Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.780	2.780	2.780
23	Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23*21)$	%	0.30	0.30	0.30
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.0	84.3	84.4
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	10.68	10.73	10.74
27	Vacios del Agregado Mineral 100-25	%	16.05	15.70	15.59
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.0	5.0	5.0
29	Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	66.6	68.3	68.9
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	12.0	11.7	11.6
31	Estabilidad sin corregir	Kilos	1247	1254	1209
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96
33	Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	1197	1204	1161
34	Vacios Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	66.6	68.3	68.9
35	Índice de rigidez	Kilos	3927.6	4050.9	3939.2

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.

  
**Luis A. Villanueva Hoyos**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
**JUAN CARLOS AGUIRRE GUERRERO**  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 15517

### ENSAYO MARSHALL

**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :			
SOLICITANTE :		DISEÑADO POR	A. VILLANUEVA H.
UBICACIÓN :		ING. RESP.	J. ASCUE G.
MATERIAL :	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	FECHA	01/10/2022
PROCEDENCIA :	PLANTA DE ASFALTO	CODIGO	005-2022

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
Nº	Descripción	1	2	3	
1	Número de Briqueta	Nº			
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	40.60	40.60	40.60
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	53.60	53.60	53.60
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%			
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656
8	Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711
9	Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667
10	Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm			
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,237.4	1,238.7	1,238.0
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,238.1	1,239.5	1,239.7
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	718.0	718.6	719.2
16	Volumen de Briqueta (14-15)	cc	520.1	520.9	520.5
17	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.379	2.378	2.378
18	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.470	2.470	2.470
19	Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.451	2.451	2.451
20	Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	3.7	3.7	3.7
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662
22	Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.794	2.794	2.794
23	Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23^2*1)$	%	0.30	0.30	0.30
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.2	84.2	84.2
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	12.15	12.14	12.14
27	Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	15.81	15.85	15.83
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.5	5.5	5.5
29	Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	76.8	76.6	76.7
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pulg.	12.7	12.2	12.9
31	Estabilidad sin corregir	Kilos	1200	1198	1223
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00
33	Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	1200	1198	1223
34	Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	76.8	76.6	76.7
35	Índice de rigidez	Kilos	3720.0	3866.0	3732.5

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JUAN CARLOS AGUIRRE GALLARDO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú Nº 35247

### ENSAYO MARSHALL

**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

**OBRA :**

**SOLICITANTE :** **DISEÑADO POR** A. VILLANUEVA H.

**UBICACIÓN :** **ING. RESP.** J. ASCUE G.

**MATERIAL :** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 **FECHA** 01/10/2022

**PROCEDENCIA :** PLANTA DE ASFALTO **CODIGO** 005-2022

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
Nº		1	2	3	
1	Número de Briqueta	Nº			
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.30	6.30	6.30
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	40.38	40.38	40.38
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	53.32	53.32	53.32
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%			
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656
8	Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711
9	Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667
10	Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm			
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,238.5	1,239.7	1,240.0
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,239.2	1,240.3	1,240.7
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	720.1	720.8	720.5
16	Volumen de Briqueta (14-15)	cc	519.1	519.5	520.2
17	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.386	2.386	2.384
18	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.445	2.445	2.445
19	Máxima Densidad Teórica $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	cc	2.433	2.433	2.433
20	Vacios con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100 * (1 - 17/18)$	%	2.4	2.4	2.5
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662
22	Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc	2.809	2.809	2.809
23	Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4) / ((3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)) + (5/11))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100 * 6 * (23 - 21) / (23 * 21)$	%	0.30	0.30	0.30
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4) * 17/21$	%	84.0	84.0	83.9
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100 - (25+20)$	%	13.61	13.61	13.60
27	Vacios del Agregado Mineral $100 - 25$	%	16.02	16.00	16.09
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	6.0	6.0	6.0
29	Relación Betún Vacíos $(26/27) * 100$	%	85.0	85.1	84.5
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	13.9	13.6	13.9
31	Estabilidad sin corregir	Kilos	1155	1171	1193
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00
33	Estabilidad corregida $(28 * 29)$	Kilos	1155	1171	1193
34	Vacios Llenados con Cemento Asfáltico $100 * (27 - 20) / 27$	%	85.0	85.1	84.5
35	Índice de rigidez	Kilos	3271.4	3389.9	3379.0

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 ALDO VILLANUEVA HOYOS  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 12327

## ENSAYO MARSHALL

**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :			
SOLICITANTE :		DISEÑADO POR	A. VILLANUEVA H.
UBICACIÓN :		ING. RESP.	J. ASCUE G.
MATERIAL :	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	FECHA	01/10/2022
PROCEDENCIA :	PLANTA DE ASFALTO	CODIGO	005-2022

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	Nº				
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.58	5.58	5.58	5.58
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	40.70	40.70	40.70	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	53.72	53.72	53.72	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Específico Aparente > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656	
8 Peso Específico Nominal Grava > N° 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711	2.683
9 Peso Específico Aparente < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667	
10 Peso Específico Nominal Arena < N° 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.683
11 Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,239.2	1,238.5	1,237.9	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,240.3	1,239.7	1,239.0	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	718.9	718.0	718.1	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	521.4	521.7	520.9	
17 Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.377	2.374	2.376	2.376
18 Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.481	2.481	2.481	
19 Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.459	2.459	2.459	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	4.2	4.3	4.2	4.2
21 Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662	
22 Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.788	2.788	2.788	
23 Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11))))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23*21)$	%	0.30	0.30	0.30	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.3	84.2	84.3	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	11.50	11.49	11.50	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	15.70	15.79	15.71	15.73
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.3	5.3	5.3	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	73.3	72.8	73.2	73.1
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	12.4	12.2	12.3	12.3
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1236	1231	1233	
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33 Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	1236	1231	1233	1233
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	73.3	72.8	73.2	73.1
35 Índice de rigidez	Kilos	3924.3	3972.5	3946.6	3947.8

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 INGENIERO CIVIL  
 N.º del Colegio de Ingenieros del Perú N° 10247



**INVERSIONES  
JENCA  
SAC**

OBRA :

SOLICITANTE :

UBICACIÓN :

MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5

PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO

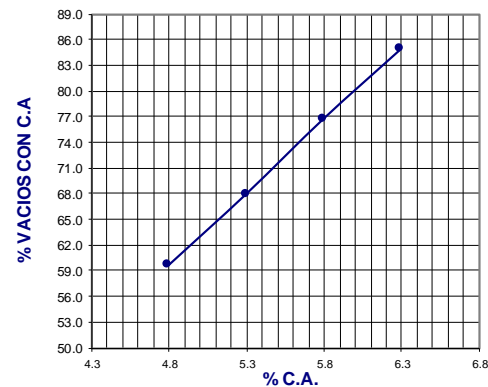
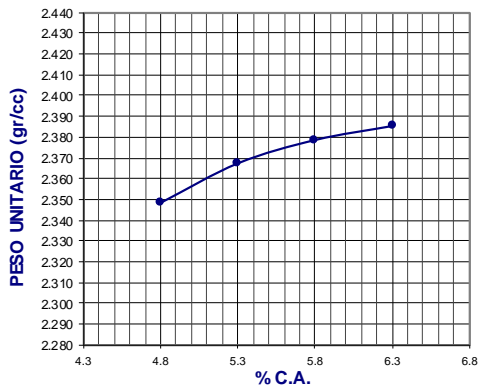
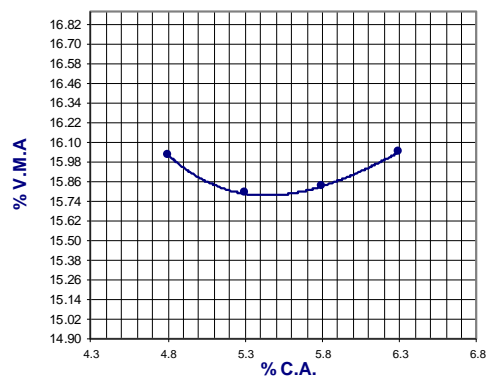
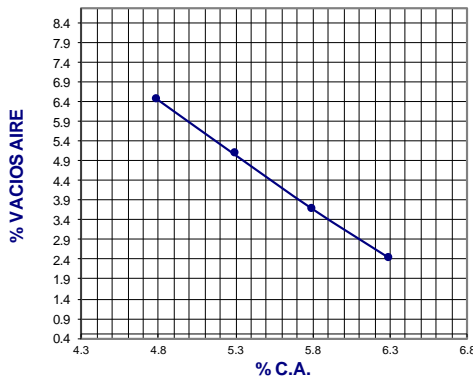
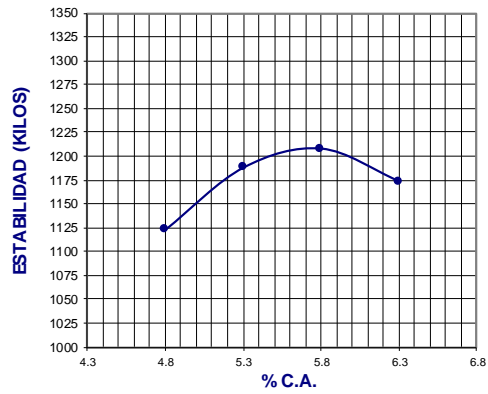
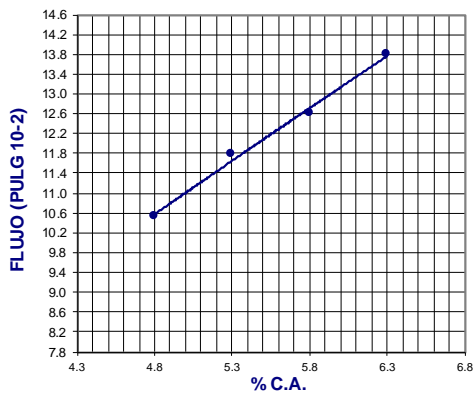
DISEÑO POR A. VILLANUEVA H.

ING. RESP. J. ASCUE G.

FECHA 01/10/2022

CODIGO 005-2022

**ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 - DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA**



  
Luis A. Villanueva Hoyos  
TÉCNICO LABORATORISTA

  
JULIO VILFREDO ASCUE GUERRERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 33387



**INVERSIONES  
JENCA  
SAC**

## ENSAYO MARSHALL

**NORMA MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA	:				
SOLICITANTE	:		DISEÑADO POR	A. VILLANUEVA H.	
UBICACIÓN	:		ING. RESP.	J. ASCUE G.	
MATERIAL	:	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	FECHA	01/10/2022	
PROCEDENCIA	:	PLANTA DE ASFALTO	CODIGO	005-2022	

### ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS)

N° DE PROBETAS	1	2	3	4	5	6
1 Contenido de Cemento Asfáltico	5.58	5.58	5.58	5.58	5.58	5.58
2 Peso de la Probeta al Aire	1239.2	1239.5	1239.9	1239.1	1239.7	1238.7
3 Peso de la Probeta Saturada (1 Hora)	1240.0	1240.7	1241.0	1240.0	1240.9	1239.7
4 Peso de la Probeta en el Agua	719.0	718.2	719.1	718.4	718.5	718.0
5 Volumen de la Probeta	521.0	522.5	521.9	521.6	522.4	521.7
6 Peso Específico Bulk de la Probeta	2.379	2.372	2.376	2.376	2.373	2.374
7 Estabilidad sin corregir	1239	1245	1233	970	978	972
8 Factor Estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9 Estabilidad corregida (kilogramos)	1239	1245	1233	970	978	972
10 Promedio de Estabilidad (24 Horas)				973		
11 Promedio de Estabilidad (30 Minutos)	1239					
12 Estabilidad Retenida a las 24 Horas (%)				78.6		

**OBSERVACIONES:** Cumple con la Especificación Mínima para Carpeta Asfáltica (75.0%)

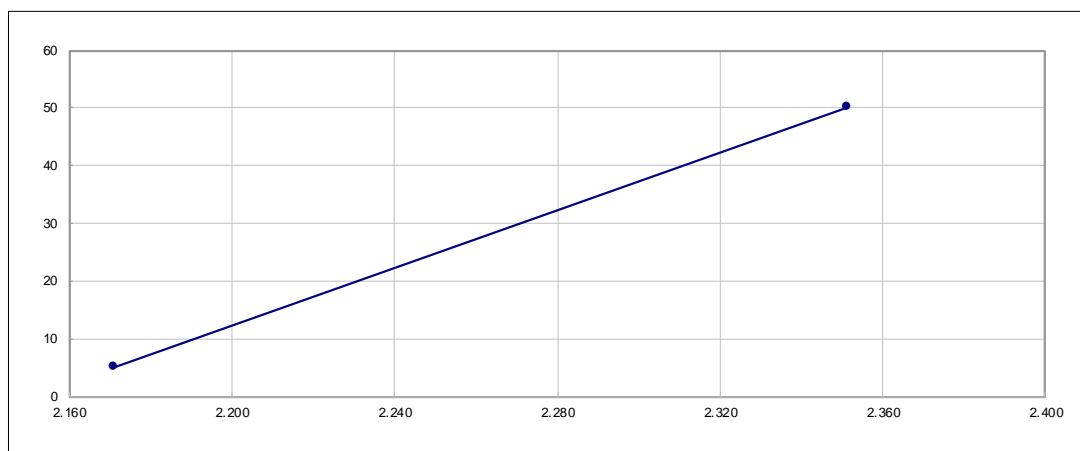
  
Luis A. Villanueva Hoyos  
TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JULIO WILFREDO ASCUE GUERRERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 35347

**ENSAYO MARSHALL**  
**NORMA MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR A. VILLANUEVA H.  
 UBICACIÓN : ING. RESP. J. ASCUE G.  
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA 01/10/2022  
 PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO 005-2022

**ENSAYO DE INDICE DE COMPACTIBILIDAD**



Nº DE MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
Nº de Golpes Marshall	50	50	50	5	5	5
Porcentaje de Cemento Asfáltico	<b>5.58</b>	<b>5.58</b>	<b>5.58</b>	<b>5.58</b>	<b>5.58</b>	<b>5.58</b>
1.- Peso de la Briqueta al Aire	1238.6	1238.6	1238.9	1240.6	1237.8	1239.0
2.- Peso de la briqueta Superficialmente Seca	1245.0	1244.1	1245.6	1266.3	1264.0	1264.7
3.- Peso por Desplazamiento	719.1	718.2	717.1	692.8	693.3	696.7
4.- Volumen de la Briqueta	525.9	525.9	528.5	573.5	570.7	568.0
5.- Peso Unitario (gr/cc)	2.355	2.355	2.344	2.163	2.169	2.181
<b>PROMEDIOS</b>	<b>2.352</b>			<b>2.171</b>		

<b>2.352</b>	<b>2.171</b>
<b>50</b>	<b>5</b>

$$\frac{1}{GEB(50) - GEB(5)}$$

$$\text{Índice de Compactibilidad} = 5.54\%$$

**OBSERVACIONES:** Cumple con el Porcentaje Mínimo de las Especificaciones Técnicas Generales para Carpeta Asfáltica (Mínimo 5.0% EG-2013)

  
 Luis A. Villanueva Hoyos  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 JULIO WILFREDO ACOSTA GUERRERO  
 INGENIERO CIVIL  
U.P. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 3524

## **Anexo B**

### **Ensayos físico-químicos de los agregados**

## **Agregado Fino**

ENSAYO DE DURABILIDAD									
MTC - E-209 (NORM ASTM C - 88)									
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS									
OBRA	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA.								
SOLICITANTE	INVERSIONES JENCA								
MATERIAL	ARENA CHANCADA								
PROCEDENCIA	CANTERA YORFINO								
UBICACIÓN	PROVINCIA DE LIMA								
	Hecho Por	A. VILLANUEVA H.							
	Revisado Por	A. SUAREZ M.							
	Fecha de Ensayo	3-Oct-22							
DATOS DE LA MUESTRA									
AGREGADO GRUESO									
TAMIZ			PESO REQUERIDO (gr)	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	PERDIDA		GRADACION ORIGINAL DE LA MUESTRA	PERDIDA CORREGIDA
PASANTE	RET.					PESO	%		
2 1/2"	2"	2 1/2" - 1 1/2"	3000 +/-100						
2"	1 1/2"		2000 +/-100						
1 1/2"	1"	1 1/2" - 3/4"	1000 +/-50						
1"	3/4"		500 +/- 30						
3/4"	1/2"	3/4" - 3/8"	670 +/- 10						
1/2"	3/8"		330 +/- 5						
3/8"	N°4	N° 4	300 +/- 5						
<b>TOTAL</b>									
AGREGADO FINO									
TAMIZ			PESO REQUERIDO (gr)	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	PERDIDA		GRADACION ORIGINAL DE LA MUESTRA	PERDIDA CORREGIDA
PASANTE	RET.					PESO	%		
3/8"	N° 04		100	100.0	95.2	4.80	4.80		
N° 04	N° 08		100	100.0	95.5	4.50	4.50	18.2	0.819
N° 08	N° 16		100	100.0	95.2	4.80	4.80	24.9	1.195
N° 15	N° 30		100	100.0	96.1	3.90	3.90	16.7	0.651
N° 30	N° 50		100	100.0	96.1	3.90	3.90	13.6	0.530
N° 50	N° 100								
<b>TOTAL</b>									<b>3.20%</b>
OBSERVACIONES									

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

**LÍMITES DE ATTERBERG - MATERIAL PASANTE N° 40**

(NORMA MTC E - 207 - ASTM C 131)

<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA		
<b>SOLICITANTE</b>	INVERSIONES JENCA	<b>REVISADO POR</b>	A. SUAREZ M.
<b>MATERIAL</b>	ARENA CHANCADA	<b>HECHO POR</b>	A. VILLANUEVA H.
<b>CANTERA</b>	CANTERA YORFINO	<b>FECHA</b>	03/10/22
<b>UBICACIÓN</b>	PROVINCIA DE LIMA		

**LÍMITE LÍQUIDO**

N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA			NP	
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
N° DE GOLPES				

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA			NP	
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**

**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.




ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 102492

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>						
(NORMA MTC E - 114)						
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>						
<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA					
<b>SOLICITANTE</b>	: INVERSIONES JENCA					
<b>MATERIAL</b>	: ARENA CHANCADA			<b>REVISADO PRO</b>	A. SUAREZ M.	
<b>CANTERA</b>	: CANTERA YORFINO			<b>HECHO POR</b>	A. VILLANUEVA H.	
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE LIMA			<b>FECHA</b>	3/10/2022	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
<b>MUESTRA</b>	: M-001					
DESCRIPCION		IDENTIFICACION			Promedio %	
		1	2	3		
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		14:05	14:07	14:09		
Hora de salida de saturación (mas 10')		14:15	14:17	14:19		
Hora de entrada a decantación		14:17	14:19	14:21		
Hora de salida de decantación (mas 20')		14:37	14:39	14:41		
Altura máxima de material fino	mm	4.50	4.40	4.40		
Altura máxima de la arena	mm	2.80	2.70	2.80		
Equivalente de Arena	%	62.22	61.36	63.64	<b>62.4</b>	
DESCRIPCION		IDENTIFICACION			Promedio %	
		1	2	3		
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4)	mm					
Hora de entrada a saturación						
Hora de salida de saturación (mas 10')						
Hora de entrada a decantación						
Hora de salida de decantación (mas 20')						
Altura máxima de material fino	mm					
Altura máxima de la arena	mm					
Equivalente de Arena	%					

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

ANGULARIDAD DE LA ARENA					
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA				
<b>SOLICITANTE</b>	INVERSIONES JENCA	<b>REVISADO POR:</b>	A. SUAREZ M.		
<b>MATERIAL</b>	ARENA CHANCADA	<b>HECHO POR:</b>	A. VILLANUEVA H.		
<b>CANTERA</b>	CANTERA YORFINO	<b>FECHA:</b>	03/10/2022		
<b>UBICACIÓN</b>	PROVINCIA DE LIMA				
DATOS DE LA MUESTRA					
ANGULARIDAD DE LA ARENA					
NTC E 222					
N°	Ensayo	1	2	3	PROMEDIO
1	Peso Material + Molde (grs)	9241.3	9239.4		
2	Peso Del Molde (grs)	6226	6226		
3	Peso Neto Del Material (grs)	3015.3	3013.4		
4	Volumen Del Molde (cc)	2021	2021		
5	Peso Unitario (gr/cc)	1.492	1.491		1.492
N°	Ensayo	4	5	6	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire )	500.0			
B	Peso Frasco + agua	1174.8			
C	Peso Frasco + agua + A	1674.8			
D	Peso del Mat. + agua en el frasco	1497.5			
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D	177.3			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C)	496.2			
G	Vol de masa = E - ( A - F )	173.5			
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.799			2.799
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.820			2.820
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.860			2.860
	Absorción = ((A - F)/F)*100	0.766			0.766
N°	Ensayo	1	2	3	PROMEDIO
1	Peso Especifico Seco (Gsb)	2.799	2.799		
2	Volumen de Molde(V)	2021	2021		
3	Peso de material en el molde (w)	3015.3	3013.4		
4	Angularidad de agregado fino %	46.7	46.7		46.7
ANGULARIDAD = $(V - (W/Gsb)/V) * 100$		=	46.7%		

Observaciones

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

**VALOR DE AZUL DE METILENO PARA ARCILLAS, RELLENOS MINERALES Y FINOS  
AASHTO TP 57-01 (2004)**

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>OBRA</b>	: REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA	<b>REVISADO POR</b>	A. SUAREZ M.
<b>SOLICITANTE</b>	: INVERSIONES JENCA	<b>HECHO POR</b>	A. VILLANUEVA H.
<b>MATERIAL</b>	: ARENA CHANCADA	<b>FECHA</b>	3-Oct-22
<b>CANTERA</b>	: CANTERA YORFINO		
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE LIMA		

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra	Valor Azul Metileno (mg/g)
Arena Chancada	7.5 mg/g

**OBSERVACIONES:**  
- Ensayo efectuado al material pasante la Malla N° 200.

**Referencia:**  
AASHTO Designation: TP 57-01 (2004): Standard Method of Test for Methylene Blue Value of Clays, Mineral Fillers, and Fines



ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 102492

**INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO**

(NORMA AASHTO T-210, MTC E214-99)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA		
<b>SOLICITANTE</b>	INVERSIONES JENCA	<b>REVISADO POR</b>	A. SUAREZ M.
<b>MATERIAL</b>	ARENA CHANCADA	<b>HECHO POR</b>	A. VILLANUEVA H.
<b>CANTERA</b>	CANTERA YORFINO	<b>FECHA</b>	3/10/2022
<b>UBICACIÓN</b>	PROVINCIA DE LIMA		

**INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO**

(NORMA AASHTO T-210, MTC E214-99)

CANTERA MUESTRA PROGRESIVA		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.75	4.75	4.75	
Hora de entrada a saturación		09:40	09:42	09:44	
Hora de salida de saturación (mas 10")		09:50	09:52	09:54	
Hora de entrada a decantación		10:00	10:02	10:04	
Hora de salida de decantación (mas 20")		10:20	10:22	10:24	
Altura máxima de material fino	mm	5.8	6.0	6.0	
Altura máxima de la arena	mm	3.10	3.20	3.20	
Indice de Durabilidad	%	<b>53.4</b>	<b>53.3</b>	<b>53.3</b>	<b>53.4</b>

**Observaciones:**

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

**LÍMITES DE ATTERBERG - MATERIAL PASANTE Nº 200**

(NORMA MTC E - 207 - ASTM C 131)

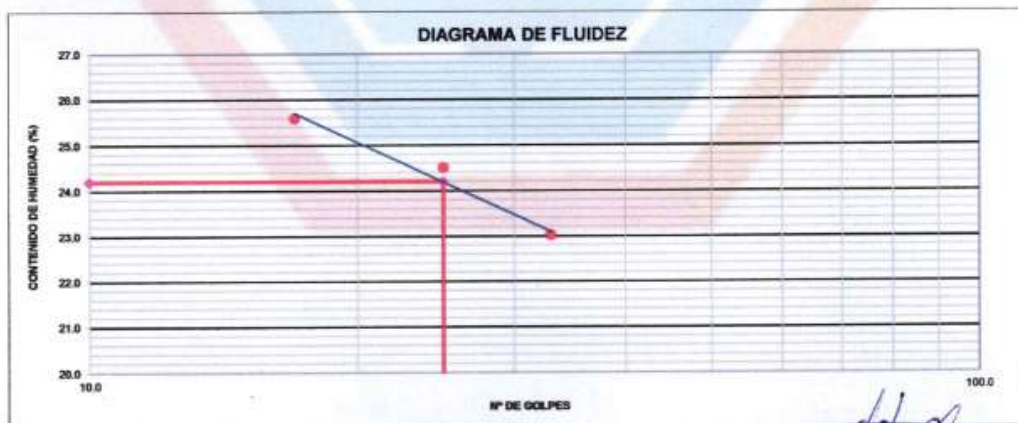
<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA		
<b>SOLICITANTE</b>	INVERSIONES JENCA	<b>REVISADO POR</b>	A. SUAREZ M.
<b>MATERIAL</b>	ARENA CHANCADA	<b>HECHO POR</b>	A. VILLANUEVA H.
<b>CANTERA</b>	CANTERA YORFINO	<b>FECHA</b>	03/10/22
<b>UBICACIÓN</b>	PROVINCIA DE LIMA		

**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº TARRO	1	15	17
TARRO + SUELO HÚMEDO	39.42	47.60	45.30
TARRO + SUELO SECO	34.55	42.39	40.82
AGUA	4.87	5.21	4.48
PESO DEL TARRO	15.51	21.12	21.35
PESO DEL SUELO SECO	19.04	21.27	19.47
% DE HUMEDAD	25.58	24.49	23.01
Nº DE GOLPES	17	25	33

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO	22	16
TARRO + SUELO HÚMEDO	14.70	13.92
TARRO + SUELO SECO	13.20	12.42
AGUA	1.50	1.50
PESO DEL TARRO	5.96	5.58
PESO DEL SUELO SECO	7.24	6.84
% DE HUMEDAD	20.72	21.93

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**

**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	24.2
LÍMITE PLÁSTICO	21.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.9

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. Nº 102492

<b>CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS</b>				
<small>(NORMA MTC E - 219)</small>				
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>				
REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA,				
<b>OBRA</b>	:	DEPARTAMENTO DE LIMA	<b>REVISADO POR</b>	A. SUAREZ M.
<b>SOLICITANTE</b>	:	INVERSIONES JENCA	<b>HECHO POR</b>	A. VILLANUEVA H.
<b>MATERIAL</b>	:	ARENA CHANCADA	<b>FECHA</b>	03/10/22
<b>CANTERA</b>	:	CANTERA YORFINO		
<b>UBICACIÓN</b>	:	PROVINCIA DE LIMA		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>				
<b>MUESTRA</b>	:	01		
<b>AGREGADO FINO</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>IDENTIFICACION</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
(1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. )	52.24	54.51	52.84	
(2) Peso Tarro + agua + sal	94.35	94.15	93.28	
(3) Peso Tarro Seco + sal	52.26	54.52	52.86	
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.02	0.01	0.02	
(5) Peso de Agua ( 2-3 )	42.09	39.63	40.42	
(6) Porcentaje de Sal	0.048	0.025	0.049	
(7) Promedio %	<b>0.041%</b>			
<b>Observaciones :</b>				

  
**ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 102492

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS**

<b>OBRA</b>	:REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA		
<b>SOLICITANTE</b>	: INVERSIONES JENCA	<b>DISEÑADO POR</b>	A. VILLANUEVA H.
<b>MATERIAL</b>	: ARENA CHANCADA Y GRAVA CHANCADA	<b>ING. RESP.</b>	A. SUAREZ M.
<b>CANTERA</b>	: CANTERA YORFINO	<b>FECHA</b>	01/10/2022
<b>UBICACIÓN</b>	: PROVINCIA DE LIMA		

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO  
NORMA ASTM C-128 AASHTO T-84 MTC E-205**

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	400.0	400.0	400.0	
B	Peso del Frasco + Agua (gr)	643.4	710.7	694.1	
C	Peso del Frasco + Agua + A (gr)	1,043.4	1,110.7	1,094.1	
D	Peso del Material + Agua en el Frasco (gr)	894.1	961.3	944.8	
E	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = C-D (gr)	149.3	149.4	149.3	
F	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	398.2	398.1	398.3	
G	Volúmen de Masa = E-(A-F) (gr)	147.5	147.5	147.6	
	Peso Esp. Aparente = F/(B+A-D) (gr/cc)	2.67	2.66	2.67	2.667
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(B+A-D) (gr/cc)	2.679	2.677	2.679	2.679
	Peso Esp. Nominal = F/(B+F-D) (gr/cc)	2.700	2.699	2.699	2.699
	% de Absorción = ((A-F)/F)*100 (%)	0.452	0.477	0.427	0.465

**OBSERVACIONES:** Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas (EG - 2013 Máximo 0.5% p/<3000 msnm)

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO  
NORMA ASTM C-127 AASHTO T-85 MTC E-206**

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	2,000.0	2,000.0	2,000.0	
B	Peso del Material Sat. Sup. Seco (en Agua) (gr)	1,254.0	1,253.0	1,251.0	
C	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = A-B (gr)	746.0	747.0	749.0	
D	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	1,985.3	1,984.5	1,984.6	
E	Volúmen de Masa = C-(A-D) (gr)	731.3	731.5	733.6	
	Peso Esp. Aparente = D/(A-B) (gr/cc)	2.661	2.657	2.650	2.656
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(A-B) (gr/cc)	2.681	2.677	2.670	2.676
	Peso Esp. Nominal = D/(D-B) (gr/cc)	2.715	2.713	2.705	2.711
	% de Absorción = ((A-D)/D)*100 (%)	0.740	0.781	0.776	0.766

**OBSERVACIONES:** Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas (EG - 2013 Máximo 1.0% p/<3000 msnm)

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

## **Agregado Grueso**

**INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO**

(NORMA AASHTO T-210, MTC E214-99)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA		
<b>SOLICITANTE</b>	INVERSIONES JENCA	<b>REVISADO POR</b>	A. SUAREZ M.
<b>MATERIAL</b>	GRAVA CHANCADA	<b>HECHO POR</b>	A. VILLANUEVA H.
<b>CANTERA</b>	CANTERA YORFINO	<b>FECHA</b>	1/10/2022
<b>UBICACIÓN</b>	PROVINCIA DE LIMA		

**INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO**

(NORMA AASHTO T-210, MTC E214-99)

CANTERA MUESTRA PROGRESIVA		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Tamaño máximo (pasa malla N° 200)	mm	0.075	0.075	0.075	
Hora de entrada agitación		08:40	08:42	08:44	
Hora de salida de agitación (mas 10')		09:00	09:02	09:04	
Hora de entrada a decantación		09:25	09:28	09:30	
Hora de salida de decantación (mas 20')		09:45	09:47	09:49	
Altura de sedimentación	Pulg.	2.90	2.70	2.90	
Indice de durabilidad	%	57	56	55	56

**Observaciones:**


ANGEL MIGUEL SUÁREZ MACAZANA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 102492

ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS DE LOS AGREGADOS						
(NORMA MTC E-210)						
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS						
OBRA	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA					
SOLICITANTE	INVERSIONES JENCA			REVISADO POR	A. SUAREZ M.	
MATERIAL	GRAVA CHANCADA			HECHO POR	A. VILLANUEVA H.	
CANTERA	CANTERA YORFINO			FECHA	1/19/2022	
UBICACIÓN	PROVINCIA DE LIMA					
DATOS DE LA MUESTRA						
MUESTRA	M-1					
<b>A.- CON UNA CARA FRACTURADA</b>						
TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso muestra (g)	Peso material con caras fracturadas (g)	% de caras fracturadas ((B/A)*100)	Retenido gradación original (%)	Promedio de caras fracturadas C'D
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1202.7	1194.2	99.3	15.8	1568.8
1/2"	3/8"	304.1	299.3	98.4	27.1	2667.2
TOTAL		1506.8	1485.3	197.7	42.9	4236.1
<b>B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS</b>						
TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso muestra (g)	Peso material con caras fracturadas (g)	% de caras fracturadas ((B/A)*100)	Retenido gradación original (%)	Promedio de caras fracturadas C'D
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1202.7	1145.2	95.2	15.8	1504.5
1/2"	3/8"	304.1	241.8	79.5	27.1	2154.8
TOTAL		1506.8	1387.0	174.7	42.9	3659.3

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS											
(NORMA MTC E-221)											
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
OBRA	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA										
SOLICITANTE	INVERSIONES JENCA						REVISADO POR	A. SUAREZ M.			
MATERIAL	GRAVA CHANCADA						HECHO POR	A. VILLAMELVA H.			
CANTERA	CANTERA YORFINO						FECHA	1/10/2022			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE LIMA										
DATOS DE LA MUESTRA											
MUESTRA	1										
TAMICES				Granul. % retenido (Ri)	Fraccion Analizada (Pi)grms	CALIBRACION		INDICE DE FRACCION		INDICE PONDERADO	
PASA		RETIENE				PLANAS	ALARGADAS	APLAN.	ALARG.	AP x Ri	AL x Ri
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.			(P)gr.	(P)gr.	(AP+Pi x 100 / Pi)	(AL+Pi x 100 / Pi)		
2 1/2"	63.00	2"	50.00								
2"	50.00	1 1/2"	37.50								
1 1/2"	37.50	1"	25.00								
1"	25.00	3/4"	19.00								
3/4"	19.00	1/2"	12.50	15.8	1279.5	40.2		3.14		49.64	
1/2"	12.50	3/8"	9.50	27.1	626.3	36.2	14.1	5.78	2.25	156.64	61.01
3/8"	9.50	1/4"	6.30	40.6	352.7	11.4	10.8	3.23	3.06	131.23	124.32
				83.5						337.51	185.33
INDICE TOTAL :						=	6.3				
INDICE DE APLANAMIENTO						$\Sigma 1AP / \Sigma Ri$	=	4.0			
INDICE DE ALARGAMIENTO						$\Sigma 1AL / \Sigma Ri$	=	2.2			
Observaciones :											

  
**ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

ENSAYO DE ADHERENCIA AGREGADO GRUESO - BITUMEN																					
NORMA M.T.C.E-517-2016																					
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>																					
REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA																					
OBRA																					
SOLICITANTE	INVERSIONES JENCA																				
MATERIAL	GRAVA CHANCADA																				
CANTERA	CANTERA YORFINO																				
UBICACIÓN	PROVINCIA DE LIMA																				
REVISADO POR	A. SUAREZ M.																				
HECHO POR	A. VILLANUEVA H.																				
FECHA	1/10/2022																				
DATOS DE LA MUESTRA																					
MUESTRA	: M-4																				
Tipo de Asfalto	: PEN 60/70																				
% Aditivo	: ZYCITHERM																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECUBRIMIENTO (%)</td> <td>99%</td> <td>98%</td> <td>99%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PORCENTAJE ESPECIFICADO (Mín.)</td> <td>95%</td> <td>95%</td> <td>95%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO</td> <td>97%</td> <td>97%</td> <td>97%</td> <td>97%</td> </tr> </tbody> </table>		MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO	RECUBRIMIENTO (%)	99%	98%	99%		PORCENTAJE ESPECIFICADO (Mín.)	95%	95%	95%		PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO	97%	97%	97%	97%
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO																	
RECUBRIMIENTO (%)	99%	98%	99%																		
PORCENTAJE ESPECIFICADO (Mín.)	95%	95%	95%																		
PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO ESTIMADO	97%	97%	97%	97%																	
REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO DESPUES DE 24 HORAS	= + 95%																				
OBSERVACIONES	:																				

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 102492

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO									
MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104									
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS									
OBRA	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA								
SOLICITANTE	INVERSIONES JENCA	REVISADO POR	A. SUAREZ M.						
MATERIAL	GRAVA CHANCADA	HECHO POR	A. VILLANUEVA H.						
CANTERA	CANTERA YORFINO	FECHA	1/10/2022						
UBICACIÓN	PROVINCIA DE LIMA								
DATOS DE LA MUESTRA									
MUESTRA	: M-1								
AGREGADO GRUESO									
TAMIZ		PESO REQUERIDO (gr)	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	PERDIDA		GRADACION ORIGINAL DE LA MUESTRA	PERDIDA CORREGIDA	
PASANTE	RET.				PESO	%			
2 1/2"	2"	2 1/2" - 2"	3000 +/-100						
2"	1 1/2"	2" - 1 1/2"	2000 +/-100						
1 1/2"	1"	1 1/2" - 1"	1000 +/-50						
1"	3/4"	1" - 3/4"	500 +/- 30						
3/4"	1/2"	3/4" - 1/2"	676 +/- 10	674.3	650.7	23.60	3.50	15.8	0.553
1/2"	3/8"	1/2" - 3/8"	330 +/- 5	332.5	314.2	18.30	5.50	27.1	1.492
3/8"	Nº4	Nº 4	300 +/- 5	300.6	296.3	4.30	1.43	50.6	0.724
<b>TOTAL</b>									<b>2.77%</b>
OBSERVACIONES									

  
**ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. Nº 102492

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)					
(ESPECIFICACION ASTM C 131)					
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>					
<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA				
<b>SOLICITANTE</b>	INVERSIONES JENCA	REVISADO POR: A. SUAREZ M.			
<b>MATERIAL</b>	GRAVA CHANCADA	HECHO POR: A. VILLANUEVA H.			
<b>CANTERA</b>	CANTERA YORFINO	FECHA: 1/10/2022			
<b>UBICACIÓN</b>	PROVINCIA DE LIMA				
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>MUESTRA</b>	M-1				
TAMIZ		GRADACION			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"		2501.3		
1/2"	3/8"		2500.9		
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 4				
N° 4	N° 8				
(1) Peso Total (gr)			5002.2		
(2) Peso retenido en el tamiz N° 12 (gr)			861.2		
(3) Peso que pasa en el tamiz N° 12 (gr) (1-2)			4141		
N° de esferas			11		
Numero de revoluciones			500		
Tiempo de rotacion (minutes)			15		
Peso de las esferas (gr)			4584 +/- 25		
Porcentage de abrasion			17.2%		
<b>OBSERVACIONES</b>					

  
 ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 102492

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS			
(NORMA MTC E- 219)			
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
<b>OBRA</b>	REPARACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LAS VÍAS LOCALES DEL SEC. 1, SEC. 2, SEC. 3, SEC. 4, SEC. 5, SEC. 6, SEC. 7, SEC. 8 EN LA LOCALIDAD SANTIAGO DE SURCO, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO, PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA		
<b>SOLICITANTE</b>	INVERSIONES JENCA	REVISADO POR: A. SUAREZ M.	
<b>MATERIAL</b>	GRAVA CHANCADA	HECHO POR: A. VILLANUEVA H.	
<b>CANTERA</b>	CANTERA YORFINO	FECHA: 1/19/2022	
<b>UBICACIÓN</b>	PROVINCIA DE LIMA		
DATOS DE LA MUESTRA			
<b>MUESTRA</b>	:	M-1	
		Tamaño Máximo	< N° 3/4"
AGREGADO GRUESO			
N° DE ENSAYOS	IDENTIFICACION		
	3	2	6
(1) Peso Tarro ( Biber 100 ml)	51.55	54.32	50.25
(2) Peso de Tarro + Agua + Sal	99.50	99.57	99.74
(3) Peso de Tarro seco + Sal	51.57	54.33	50.27
(4) Peso de Sal ( 3 - 1)	0.02	0.01	0.02
(5) Peso del Agua ( 2 - 3)	47.93	45.24	49.47
(6) Porcentaje de sales (%)	0.042	0.022	0.040
(7) Porcentaje de Sal	0.035%		
<b>Observaciones :</b>			



ANGEL MIGUEL SUAREZ MACAZANA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 102492

**Anexo C**

**Ficha Técnica Aditivo RAVASOL APS92**



**ASPHALT**

Modificación  
Física y  
Química  
del Asfalto

**APS92**

ACTIVANTE DE ADHESIVIDAD  
SILÁNICO



Modificación  
Física y  
Química  
del Asfalto

ACTIVANTES  
DE ADHESIVIDAD

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

- **Ravasol APS92** es un nuevo promotor de adhesión líquido que emplea en su formulación nanotecnología en base organosilanos.
- Su empleo garantiza mayor cobertura entre el agregado y el asfalto, bajo condiciones extremas de aplicación (ambiente húmedo, clima frío, agregado reactivo, agregado absorbente,...etc) lo que permite optimizar resultados en "**Sensibilidad al agua**" EN 12697-12 y "**Afinidad Árido-Ligante**" EN 12697-11 (método A, B o C), reduce la "**Perdida de partículas**" EN 12697-17 factor muy importante para mezclas Drenantes y Discontinuas en capa delgada, mejora el comportamiento en "**Compactabilidad**" EN 12697-10 y proporciona mayor durabilidad a la mezcla.
- Aporta ventajas económicas, su composición química y propiedades específicas permiten ampliar el uso de agregados "locales" (siendo pobres, sucios y/o con baja adhesividad), también permite combinado con la gran mayoría de ligantes bituminosos (origen, penetración y grado de modificación).
- La reducción de la tensión superficial en el conjunto, favorece la compatibilidad y aporta **mayor trabajabilidad** a la mezcla asfáltica, incluso a menor temperatura.
- Producto de **alta fluidez** (mayor facilidad para bombeo y dosificación), **libre de olores, termoresistente y estable** que permite ser almacenado en tanque de asfalto caliente durante largos periodos de tiempo. Solubiliza rápidamente con el ligante en caliente, pudiendo ser combinado con cualquier grado de asfalto, incluso modificado con polímeros.

#### APLICACIÓN Y DOSIFICACIÓN

- En **central asfáltica**, permite ser incorporado a tanque de almacenamiento de asfalto durante la descarga de la sistema (aplicar ligera agitación o recirculación), también permite ser directamente inyectado a báscula de ligante (dosificadores para aditivos líquidos).
- En **terminal** del suministrador de ligante, permite ser incorporado durante la carga de la sistema.
- Se recomienda dosificar entre 0,05 y 0,10% s/peso de betún, este valor será determinado o verificado con ensayos previos de laboratorio, utilizando los materiales y formulaciones disponibles en cada caso.

#### COMPOSICIÓN

- Dispersión de organosilanos.

#### PROPIEDADES

Apariencia a 25°C	Líquido azul
Densidad a 25°C (g/cm <sup>3</sup> )	~ 1,10
Punto de fusión (°C)	< - 15
Viscosidad a 25°C (cPs)	< 500

#### ENVASADO, ALMACENAMIENTO Y SEGURIDAD

- Disponible en garrafas de 25 kg (paletizado a 600 kg neto) o en IBC de 1.000 kg neto.
- Se recomienda mantener el producto en su envase original cerrado, en un lugar seco y protegido de las incidencias climáticas, evitar contacto con humedad.
- Debe ser manipulado atendiendo las recomendaciones indicadas en su Ficha de Seguridad.



V 03-05

**Ventajas de Ravasol APS92**

- Mayor afinidad entre los agregados y el asfalto logrando su cobertura total
- Incremento multiplicativo de adherencia agregado-asfalto.
- Excelente resistencia al agua e incrementa la vida útil de las mezclas asfálticas
- Mejora considerablemente los resultados de los ensayos de desempeño de las mezclas asfálticas, como:
  - AASHTO T 283 (Lottman) Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture-Induced Damage
  - ASTM D 4867 Effect of Moisture on Asphalt Concrete Paving Mixtures
  - ASTM D 3625 Boiling water test
  - AASHTO T 182 Static-immersion test
  - AASHTO T 165 Immersion-compression
  - AASHTO T 324 Rueda de Hamburgo
- Fabricación de mezclas semi calientes/tibias
- Reduce la temperatura de fabricación de las mezclas asfálticas
- Mejor compactación incluso a bajas temperaturas
- Ahorro de combustible en planta y optimización de los tiempos de producción
- Mejora de la trabajabilidad de las mezclas asfálticas
- Mayor durabilidad del concreto asfáltico
- Reduce la oxidación de la mezcla
- Reducción del contenido de filler de aportación
- Compatible con todos los polímeros (SBS, Elvaloy, Latex, Caucho reciclado,...)
- Compatible con las fibras FORTA-FI y SURFACE-EXT
- Mezcla más homogénea y sin segregación térmica
- Permite incrementar el contenido de RAP
- Permite reducir el porcentaje óptimo del asfalto en la mezcla
- Mantiene la planta, equipo de extendido y compactación más limpios.
- Asfalto de apariencia más negro y resistente al agua.

## **Anexo D**

### **Diseño Mezcla Asfáltica con Mejorador de Adherencia**

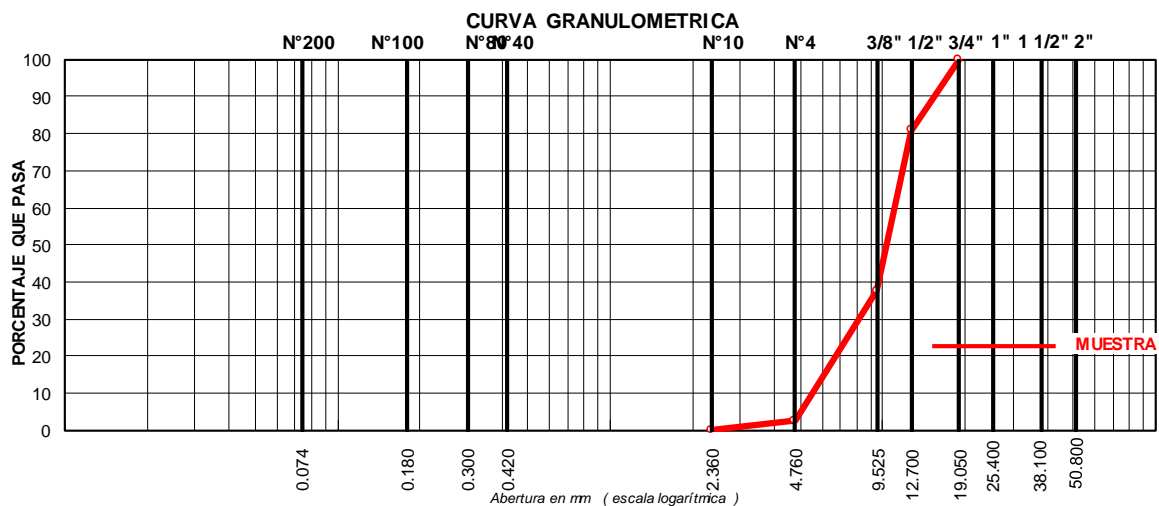
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR : Sergio Correa  
 UBICACIÓN : ING. RESP. :  
 MATERIAL : GRAVA TRITURADA < 3/4" FECHA : 10/11/2022  
 PROCEDENCIA : CANTERA YORFINO CODIGO :

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA ASTM C-136 AASHTO T-27 MTC E-204

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO :	
2 1/2"	63.500					3/4"	
2"	50.800					CANTERA: YORFINO	
1 1/2"	38.100					PESO INICIAL :	7,203.0 gr
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.00		
1/2"	12.700	1,377.0	19.1	19.1	80.9	OBSERVACIONES :	
3/8"	9.525	3,130.0	43.5	62.6	37.4		
1/4"	6.350		0.0			GRAVA TRITURADA < 3/4"	
N° 4	4.760	2,517.0	34.9	97.5	2.5		
N° 8	2.360	179.0	2.5	100.0	0.0		
N° 10	2.000						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 80	0.180						
N° 200	0.074						
< 200	-						



OBSERVACIONES:



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

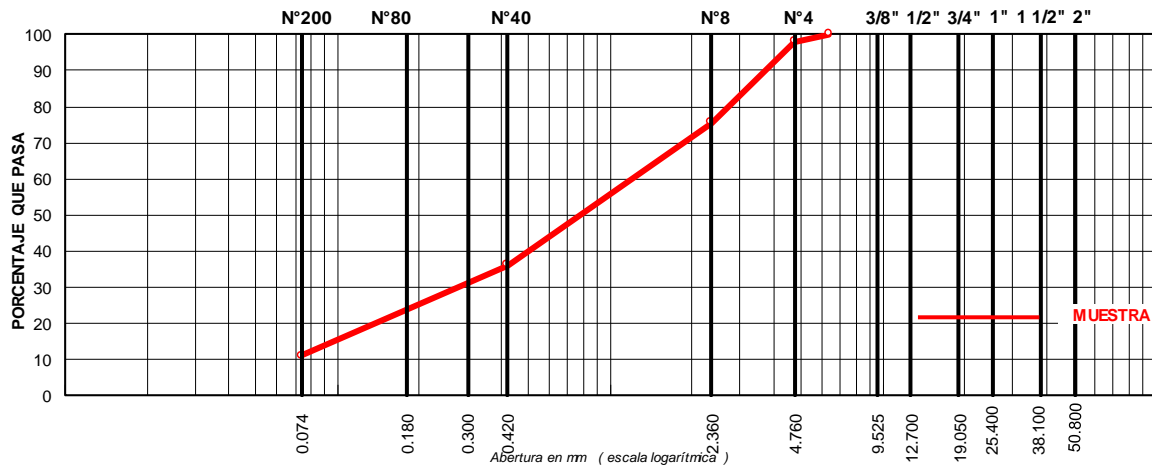
OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR : Sergio Correa  
 UBICACIÓN : ING. RESP. :  
 MATERIAL : ARENA CHANCADA <1/4" FECHA : 10/11/2022  
 PROCEDENCIA : CANTERA YORFINO CODIGO :

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

NORMA ASTM C-136 AASHTO T-27 MTC E-204

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO : 1/4"
2 1/2"	63.500					CANTERA: YORFINO
2"	50.800					PESO INICIAL : 992.0 gr
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					OBSERVACIONES :
3/8"	9.525					
1/4"	6.350				100.0	ARENA TRITURADA < 1/4"
N° 4	4.760	20.5	2.1	2.1	97.9	
N° 8	2.360	223.0	22.5	24.5	75.5	
N° 16	2.000	223.9	22.6	47.1	52.9	
N° 30	0.420	168.3	17.0	64.1	35.9	
N° 50	0.300	99.6	10.0	74.1	25.9	
N° 100	0.180	84.9	8.6	82.7	17.3	
N° 200	0.074	63.9	6.4	89.1	10.9	
< 200	-	107.9	10.9	100.0		

**CURVA GRANULOMETRICA**



OBSERVACIONES:



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

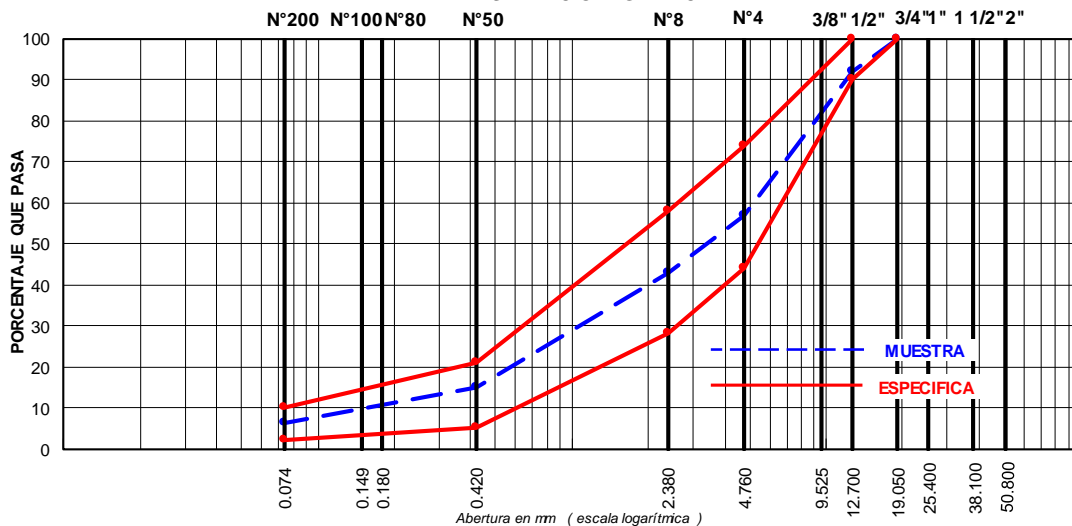
OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR : Sergio Correa  
 UBICACIÓN : ING. RESP. :  
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA : 10/11/2022  
 PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO :

**COMPOSICION DE MEZCLA**

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON PEN 60/70

TAMICES ASTM	ABERTURA TAMICES (mm)	GRAVA TRITURADA (M-1) 43%	ARENA CHANCADA (M-2) 57%	MEZCLA	ESPECIFICACIÓN ASTM D3515 D - 5	TOLERANCIAS
				PORCENTAJE QUE PASA		
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050			100.0	100	+/-5%
1/2"	12.700	80.9		91.8	90 - 100	+/-5%
3/8"	9.525	37.4		73.1		
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	2.5	97.9	56.9	44 - 74	+/-5%
N° 8	2.380	0.0	75.5	43.0	28 - 58	+/-4%
N° 10	2.000					
N° 50	0.420		25.9	14.8	5 - 21	+/-3%
N° 80	0.180					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074		10.9	6.2	2 - 10	+/-2%
< 200	-					

**REPRESENTACION GRAFICA**





**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS**

OBRA :  
SOLICITANTE : DISEÑADO POR : Sergio Correa  
UBICACIÓN : ING. RESP. :  
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA : 10/11/2022  
PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO :

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO  
NORMA ASTM C-128 AASHTO T-84 MTC E-205**

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	400.0	400.0	400.0	
B	Peso del Frasco + Agua (gr)	643.4	710.7	694.1	
C	Peso del Frasco + Agua + A (gr)	1,043.4	1,110.7	1,094.1	
D	Peso del Material + Agua en el Frasco (gr)	894.1	961.3	944.8	
E	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = C-D (gr)	149.3	149.4	149.3	
F	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	398.2	398.1	398.3	
G	Volúmen de Masa = E-(A-F) (gr)	147.5	147.5	147.6	
	Peso Esp. Aparente = F/(B+A-D) (gr/cc)	2.67	2.66	2.67	<b>2.667</b>
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(B+A-D) (gr/cc)	2.679	2.677	2.679	<b>2.679</b>
	Peso Esp. Nominal = F/(B+F-D) (gr/cc)	<b>2.700</b>	<b>2.699</b>	<b>2.699</b>	<b>2.699</b>
	% de Absorción = ((A-F)/F)*100 (%)	<b>0.452</b>	<b>0.477</b>	<b>0.427</b>	<b>0.465</b>

OBSERVACIONES: Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas (EG - 2013 Máximo 0.5% p/<3000 msnm)

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO  
NORMA ASTM C-127 AASHTO T-85 MTC E-206**

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso del Material Sat. Sup. Seco (al Aire) (gr)	2,000.0	2,000.0	2,000.0	
B	Peso del Material Sat. Sup. Seco (en Agua) (gr)	1,254.0	1,253.0	1,251.0	
C	Volúmen de Masa + Volúmen de Vacío = A-B (gr)	746.0	747.0	749.0	
D	Peso del Material Seco en Estufa (105°C) (gr)	1,985.3	1,984.5	1,984.6	
E	Volúmen de Masa = C-(A-D) (gr)	731.3	731.5	733.6	
	Peso Esp. Aparente = D/(A-B) (gr/cc)	2.661	2.657	2.650	<b>2.656</b>
	Peso Esp. Aparente Sat. Sup. Seco = A/(A-B) (gr/cc)	2.681	2.677	2.670	<b>2.676</b>
	Peso Esp. Nominal = D/(D-B) (gr/cc)	2.715	2.713	2.705	<b>2.711</b>
	% de Absorción = ((A-D)/D)*100 (%)	0.740	0.781	0.776	<b>0.766</b>

OBSERVACIONES: Cumple el % Máximo permitido para Mezclas Asfálticas (EG - 2013 Máximo 1.0% p/<3000 msnm)  
Mezcla de Arenas para Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.  
Mezcla de Agregados para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS**  
**NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508**

<b>OBRA</b> :		<b>DISEÑADO POR</b> :	Sergio Correa
<b>SOLICITANTE</b> :		<b>ING. RESP.</b> :	
<b>UBICACIÓN</b> :		<b>FECHA</b> :	11/10/2022
<b>MATERIAL</b> :	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5	<b>CODIGO</b> :	
<b>PROCEDENCIA</b> :	PLANTA DE ASFALTO		

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
<i>Tipo de Mezcla</i>	<b>ASTM D3515 D-5</b>			<b>ASTM D3515 D-5</b>		
<i>Porcentaje de Asfalto</i>	<b>4.80</b>	<b>4.80</b>	<b>4.80</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>
1- <i>Peso del Frasco</i>	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0
2- <i>Peso del Frasco + Agua (25°C)</i>	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0
3- <i>Diferencia del Pesos (4-5)</i>	9,158.7	9,161.3	9,161.7	9,153.7	9,155.2	9,153.7
4- <i>Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)</i>	10,397.0	10,395.0	10,398.0	10,396.0	10,396.0	10,398.0
5- <i>Peso Neto de la Muestra</i>	1,238.3	1,233.7	1,236.3	1,242.3	1,240.8	1,244.3
6- <i>Agua Desplazada (2-3)</i>	495.3	492.7	492.3	500.3	498.8	500.3
<b>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</b>	2.500	2.504	2.511	2.483	2.488	2.487
<b>Promedio</b>	<b>2.505</b>			<b>2.486</b>		

MUESTRA	7	8	9	10	11	12
<i>Tipo de Mezcla</i>	<b>ASTM D3515 D-5</b>			<b>ASTM D3515 D-5</b>		
<i>Porcentaje de Asfalto</i>	<b>5.80</b>	<b>5.80</b>	<b>5.80</b>	<b>6.30</b>	<b>6.30</b>	<b>6.30</b>
1- <i>Peso del Frasco</i>	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0	5,468.0
2- <i>Peso del Frasco + Agua (25°C)</i>	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0	9,654.0
3- <i>Diferencia del Pesos (4-5)</i>	9,149.2	9,149.5	9,149.9	9,144.8	9,144.4	9,146.1
4- <i>Peso del Frasco + Muestra + Agua (25°C)</i>	10,394.0	10,393.0	10,394.0	10,391.0	10,395.0	10,390.0
5- <i>Peso Neto de la Muestra</i>	1,244.8	1,243.5	1,244.1	1,246.2	1,250.6	1,243.9
6- <i>Agua Desplazada (2-3)</i>	504.8	504.5	504.1	509.2	509.6	507.9
<b>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra (5/6)</b>	2.466	2.465	2.468	2.447	2.454	2.449
<b>Promedio</b>	<b>2.466</b>			<b>2.450</b>		

**OBSERVACIONES:** Aditivo mejorador de Adherencia (RAVASOL) → 0.05 %

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**OBRA :**  
**SOLICITANTE :**  
**UBICACIÓN :**  
**MATERIAL :** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5  
**PROCEDENCIA :** PLANTA DE ASFALTO

**DISEÑADO POR :** Sergio Correa  
**ING. RESP. :**  
**FECHA :** 10/11/2022  
**CODIGO :**

**ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
CON ASFALTO PEN 60/70**

**1.- MEZCLA DE AGREGADOS :** *(Proporción en Peso)*

Grava Triturada 43.0%  
 Arena Triturada 57.0%  
 Especificaciones de Gradación ASTM D3515 D-5

**2.- LIGANTE BITUMINOSO :**

Tipo de Asfalto Pen 60/70  
 Mejorador de Adherencia Ravasol - 0.05%  
 Optimo Contenido de Cemento Asfáltico 5.47% (± 0.20)  
 Especificaciones de Gradación ASTM D3515 D-5

<b>3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL :</b>		<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS OBRA</b>	
		<b>DISEÑO ASTM D3515 D-5</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	(N°)	<b>75</b>	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	(%)	<b>5.47</b>	5.27	5.67
ESTABILIDAD	(Kg)	<b>1,239</b>	815	-
FLUJO	(Pulg)	<b>12.3</b>	8.0	14.0
V.M.A.	(%)	<b>15.5</b>	14.0	-
VACÍOS DE AIRE	(%)	<b>4.0</b>	3	5
ESTABILIDAD RETENIDA A 24 HORAS	(%)	<b>--</b>	75	-
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	(%)	<b>--</b>	5	-
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO	(kg/cm)	<b>3,982</b>	1,700	4,000
RELACIÓN POLVO / ASFALTO		<b>--</b>	0.6	1.3

**4.- TEMPERATURAS DE APLICACIÓN :**

Mezcla Asfáltica 152°C  
 Temperatura de Compactación 141°C

## ENSAYO MARSHALL

**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :  
 SOLICITANTE : DISEÑADO POR : Sergio Correa  
 UBICACIÓN : ING. RESP. :  
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA : 10/11/2022  
 PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO :

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 Número de Briqueta	Nº				
2 Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	4.80	4.80	4.80	4.80
3 Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	41.03	41.03	41.03	
4 Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	54.17	54.17	54.17	
5 Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6 Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7 Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656	
8 Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711	2.683
9 Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667	
10 Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.683
11 Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc				
12 Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13 Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,243.5	1,242.1	1,239.2	
14 Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,244.3	1,243.7	1,241.9	
15 Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	715.6	716.5	715.2	
16 Volumen de Briqueta (14-15)	cc	528.7	527.2	526.7	
17 Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.352	2.356	2.353	2.354
18 Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.505	2.505	2.505	
19 Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.488	2.488	2.488	
20 Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	6.1	6.0	6.1	6.0
21 Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662	
22 Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.765	2.765	2.765	
23 Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683	
24 Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23^2*1)$	%	0.30	0.30	0.30	
25 Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.1	84.3	84.1	
26 Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	9.77	9.79	9.77	
27 Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	15.88	15.74	15.86	15.8
28 Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	4.5	4.5	4.5	
29 Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	61.5	62.2	61.6	61.8
30 Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	10.7	10.9	10.3	10.6
31 Estabilidad sin corregir	Kilos	1202	1219	1220	
32 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	
33 Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	1154	1170	1171	1165
34 Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	61.5	62.2	61.6	61.8
35 Índice de rigidez	Kilos	4245.8	4226.8	4476.7	4196.6

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.

Aditivo mejorador de Adherencia (RAVASOL) → 0.05 %



**INVERSIONES  
JENCA  
SAC**

## ENSAYO MARSHALL

**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

**OBRA :**

**SOLICITANTE :**

**UBICACIÓN :**

**MATERIAL :** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5

**PROCEDENCIA :** PLANTA DE ASFALTO

**DISEÑADO POR :** Sergio Correa

**ING. RESP. :**

**FECHA :** 10/11/2022

**CODIGO :**

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO	
1	Número de Briqueta	Nº	1	2	3	
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.30	5.30	5.30	5.30
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	40.82	40.82	40.82	
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	53.88	53.88	53.88	
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020	
7	Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656	
8	Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711	2.683
9	Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667	
10	Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	2.683
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc				
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm				
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,239.2	1,238.6	1,241.3	
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,241.1	1,240.2	1,242.2	
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	718.3	719.1	719.6	
16	Volumen de Briqueta (14-15)	cc	522.8	521.1	522.6	
17	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.370	2.377	2.375	2.374
18	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.486	2.486	2.486	
19	Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.470	2.470	2.470	
20	Vacios con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	4.7	4.4	4.5	4.5
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662	
22	Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.780	2.780	2.780	
23	Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683	
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23^2*1)$	%	0.30	0.30	0.30	
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.3	84.6	84.5	
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	11.02	11.05	11.05	
27	Vacios del Agregado Mineral $100-25$	%	15.67	15.44	15.50	15.5
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.0	5.0	5.0	
29	Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	70.3	71.6	71.3	71.1
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	12.0	12.4	11.8	12.1
31	Estabilidad sin corregir	Kílos	1240	1225	1237	
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida (28*29)	Kílos	1240	1225	1237	1234
34	Vacios Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	70.3	71.6	71.3	71.1
35	Índice de rigidez	Kílos	4068.2	3889.4	4127.2	3982.6

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.  
Aditivo mejorador de Adherencia (RAVASOL) ➔ 0.05 %

**ENSAYO MARSHALL**  
**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :  
SOLICITANTE : DISEÑADO POR : Sergio Correa  
UBICACIÓN : ING. RESP. :  
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA : 10/11/2022  
PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO :

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Número de Briqueta	Nº			
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	40.60	40.60	40.60
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	53.60	53.60	53.60
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%			
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656
8	Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711
9	Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667
10	Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm			
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,238.6	1,239.2	1,238.7
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,240.1	1,241.2	1,239.9
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	720.7	721.6	722.0
16	Volumen de Briqueta (14-15)	cc	519.4	519.6	517.9
17	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.385	2.385	2.392
18	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.466	2.466	2.466
19	Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.451	2.451	2.451
20	Vacíos con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	3.3	3.3	3.0
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662
22	Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.794	2.794	2.794
23	Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2(7+8)+(4^2(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23^2*1)$	%	0.30	0.30	0.30
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.4	84.4	84.6
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	12.30	12.30	12.34
27	Vacíos del Agregado Mineral $100-25$	%	15.61	15.60	15.36
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	5.5	5.5	5.5
29	Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	78.8	78.9	80.3
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pulg.	12.9	12.6	12.7
31	Estabilidad sin corregir	Kilos	1241	1252	1195
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00
33	Estabilidad corregida $(28^*29)$	Kilos	1241	1252	1195
34	Vacíos Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	78.8	78.9	80.3
35	Índice de rigidez	Kilos	3787.5	3912.0	3704.5

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.  
Aditivo mejorador de Adherencia (RAVASOL) → 0.05 %



**ENSAYO MARSHALL**  
**MTC E-504 AASHTO T-245 ASTM D-1559**

OBRA :  
SOLICITANTE : DISEÑADO POR : Sergio Correa  
UBICACIÓN : ING. RESP. :  
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5 FECHA : 10/11/2022  
PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO CODIGO :

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Número de Briqueta	Nº			
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.30	6.30	6.30
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor Nº 4)	%	40.38	40.38	40.38
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor Nº 4)	%	53.32	53.32	53.32
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 65% pasa la Malla 200)	%			
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Aparente > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.656	2.656	2.656
8	Peso Específico Nominal Grava > Nº 4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.711	2.711	2.711
9	Peso Específico Aparente < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.667	2.667	2.667
10	Peso Específico Nominal Arena < Nº 4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.699	2.699	2.699
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Briqueta (ASTM D-3549, MTC E-507)	cm			
13	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1,239.4	1,238.0	1,238.6
14	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1,241.0	1,239.6	1,240.5
15	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	723.6	722.2	722.1
16	Volumen de Briqueta (14-15)	cc	517.4	517.4	518.4
17	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514) (13/16)	cc	2.395	2.393	2.389
18	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.450	2.450	2.450
19	Máxima Densidad Teórica $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))))$	cc	2.433	2.433	2.433
20	Vacios con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505) $100*(1-17/18)$	%	2.2	2.3	2.5
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.662	2.662	2.662
22	Peso Específico Nominal del Agregado Total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.809	2.809	2.809
23	Peso Específico efectivo del Agregado Total $(3+4)/((3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)+(5/11)))$	gr/cc	2.683	2.683	2.683
24	Asfalto Absorbido por el Agregado Total $100*6*(23-21)/(23*21)$	%	0.30	0.30	0.30
25	Vol. del Agregado / Vol. Bruto de la Briqueta $(3+4)*17/21$	%	84.3	84.2	84.1
26	Vol. de Asfalto efectivo / Vol. de Briqueta $100-(25+20)$	%	13.45	13.43	13.41
27	Vacios del Agregado Mineral $100-25$	%	15.68	15.78	15.90
28	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	6.0	6.0	6.0
29	Relación Betún Vacíos $(26/27)*100$	%	85.8	85.1	84.4
30	Flujo (0.01 pulgada)	Pul.	13.6	13.8	13.3
31	Estabilidad sin corregir	Kilos	1168	1177	1183
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00
33	Estabilidad corregida $(28*29)$	Kilos	1168	1177	1183
34	Vacios Llenados con Cemento Asfáltico $100*(27-20)/27$	%	85.8	85.1	84.4
35	Índice de rigidez	Kilos	3381.2	3357.9	3501.9

**OBSERVACIONES:** Temperatura de Mezclado a 152°C y Temperatura de Compactación de Briquetas a 141°C.  
Aditivo mejorador de Adherencia (RAVASOL) → 0.05 %

OBRA :

SOLICITANTE :

UBICACIÓN :

MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - ASTM D3515 D-5

PROCEDENCIA : PLANTA DE ASFALTO

DISEÑADO POR : Sergio Correa

ING. RESP. :

FECHA : 10/11/2022

CODIGO :

### ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 - DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

