

# **FACULTAD DE** **INGENIERÍA**



Carrera de Ingeniería Civil

“APLICACIÓN DEL CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO  
ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19MM PARA MITIGAR LA  
DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV.  
GAMBETTA- CALLAO-2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional  
de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Joseph Tucto Inga

Bach. Jose Angel Cardenas Huaman

Asesor:

Mg. Paula Rojas Julián

Lima – Perú

2021

## DEDICATORIA

El trabajo por suficiencia profesional lo dedicamos a Dios por permitirnos a seguir avanzando con nuestros objetivos soñados.

También los dedicamos a la asesora la Ingeniera Paula Rojas Julián, por transmitirnos sus enseñanzas para poder completar nuestra carrera profesional como ingeniería civil.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los catedráticos de la Universidad Privada del Norte en especial de la carrera profesional de ingeniería civil, por brindarnos todas las enseñanzas que será muy lucrativo en nuestra vida profesional.

Nuestra familia ha sido.

Agradecidos de nuestras familias por sus apoyo a todo momento creyendo que nuestras metas sean sus metas también.

## INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
INDICE DE FIGURAS.....	5
INDICE DE ECUACIONES .....	10
RESUMEN .....	11
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	12
CAPITULO 2: MARCO TEORICO .....	21
CAPITULO 3. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA .....	51
CAPITULO 4: LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	76
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES .....	139
DISCUCIONES.....	141
RECOMENDACIONES.....	147
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	149
ANEXOS .....	151

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ORGANIGRAMA DE LA MONTALVO CONSTRUCTORA Y CONSULTORÍA E.I.R.L.....	20
FIGURA 2. CAUCHO EN TROZOS .....	41
FIGURA 3. CAUCHO EN MOLIDO .....	42
FIGURA 4. CAUCHO RECICLADO.....	43
FIGURA,5. SUPERPAVE GYRATORY COMPACTOR (COURTESY OF PINE EQUIPMENT COMPANY).....	46
FIGURA 6.....	49
ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LOS REQUISITOS DE GRADACIÓN DEL DISEÑO SUPERPAVE .....	49
FIGURA 7.CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO DE LA Av. MALECÓN LURÍN EN EL DISTRITO DE CIENEGUILA.....	53
FIGURA 8.CONSTRUCCIÓN DE PISTAS EN JR. VELASCO SAN MARTIN DE PORRAS.....	53
FIGURA 9 OBRA: PISTAS Y VEREDAS CONSORCIO RAMON CASTILLA- DIST. DE COMAS .....	54
FIGURA 10 CONSTRUCCIÓN DE MUROS EN EL BARRIO CASA HUERTA DEL DISTRITO DE SANTA EULALIA .....	54
FIGURA 11. COORDENADAS UTM DE LA ZONA ESCOGIDA.....	78
FIGURA 12. INICIO REFERENCIA (INTERCAMBIO VIAL DE ZAPALLAL) Y FIN (OVALO CENTENARIO EN EL CALLAO) DE LA ZONA ESCOGIDA .	78
FIGURA 13. VISTA SATELITAL DE LA ZONA ESCOGIDA.....	79
FIGURA 14. TOMA DE DATOS INICIALES EN LA ZONA ELEGIDA .....	81
FIGURA 15. MUESTRAS DE LOS AGREGADOS PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO .....	84
FIGURA N°16 .....	99
FIGURA 17.HORNO UTILIZADO PARA LAS MUESTRAS .....	99
FIGURA 18. PESADO DEL ACUMULADO 3/4" EN UNA BALANZA ELECTRÓNICA .....	105
FIGURA 19.PESADO DEL ACUMULADO QUE PASA LA MALLA N° 1/2" .....	105
FIGURA 20. PESADO DEL ACUMULADO QUE PASA LA MALLA N°3/8" .....	106
FIGURA 21. PESADO DEL ACUMULADO QUE PASA LA MALLA N°4 .....	106
FIGURA 22. PESADO DEL ACUMULADO QUE PASA LA MALLA N°8 .....	107
	107

FIGURA 23. PESADO DEL ACUMULADO QUE PASA LA MALLA N°<8 .....	107
FIGURA 24. LLENADO DE MEZCLA PARA REALIZAR PROBETAS .....	108
FIGURA 25. UNA VEZ DETERMINADO LOS PESOS POR CADA PORCENTAJE DE CAUCHO COMO SE MUESTRA EN LA PRESENTE FIGURA. ..	113
FIGURA 26. EN EL LABORATORIO DE LA EMPRESA DELHEAL SAC. ....	113
FIGURA 27. SE TOMA LA TEMPERATURA DE LA MUESTRA ANTES DE LLENAR AL MOLDE .....	114
FIGURA 28 REALIZANDO LOS 75 GOLPES DE COMPACTACIÓN PARA LA PROBETA.....	114
FIGURA 29. LAS BRIQUETAS ESTÁN DENTRO DEL RECIPIENTE (BAÑO MARÍA).....	115
FIGURA 30. SATURACIÓN EN BAÑO MARÍA .....	116
FIGURA 31. INSTRUMENTOS DE ROTURA DE PROBETAS.....	117
FIGURA 32. CÁLCULOS MANUALES .....	118
FIGURA 33- SE APRECIA LA ROTURA DE LAS PROBETAS .....	118
FIGURA 34. PRUEBA DE ROTURA DEL ENSAYO LOTTMAN.....	124
FIGURA 35. MUESTRA ANTES DE PASAR LA PRUEBA .....	133
FIGURA 36. MUESTRA DESPUÉS DE LA PRUEBA .....	133
FIGURA 37 .....	138

## INDICE DE TALBAS

TABLA 1. SELECCIÓN DE TIPOS DE LOS CEMENTOS DE ASFALTOS .....	24
TABLA 3. ESPECIFICACIONES DEL CEMENTOS ASFALTICOS SELECCIONADOS POR VISCOSIDAD.....	25
TABLA 2. ESPECIFICACIONES DE LOS CEMENTO ASFALTICOS POR EL MÉTODO DE PENETRACIÓN .....	25
TABLA 4. RANGOS DE LAS TEMPERATURAS DE APLICACIÓN DEL ASFALTO .....	29
TABLA 5. REQUERIMIENTOS PARA EL AGREGADO GRUESO.....	32
TABLA 6. REQUERIMIENTO PARA EL AGREGADO FINO.....	33
TABLA 7. LA GRADACIÓN PARA LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE.....	34
TABLA 8. GRANULOMETRICO PARA LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE -ASTM D 3515	35
TABLA 9. GARANTIA DEL ADITIVO.....	37
TABLA 10. REQUESITO DE LA ADERENCIA .....	37
TABLA 11. REQUESITOS PARA LA MEZCLA DE LOS CONCRETOS BITUMINOSO .....	38
TABLA 12. VACIOS EN LOS AGREGADOS MINERALES (VMA).....	38
TABLA 13. NIVEL DE DISEÑO DE LA MEZCLA SUPERPAVE REFERENTE AL TRÁNSITO .....	46
TABLA 14. GRADUACIÓN DEL TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DE 19MM DE LOS AGREGADOS .....	49
TABLA 16. TÉNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE LAS INFORMACIONES .....	73
TABLA 17. SE CONSTRUYE LA SIGUIENTE TABLA DE RESUMEN DE EVALUACIÓN .....	80
TABLA 18. RESUMEN GENERAL DE PROPIEDADES FÍSICA Y MECANICA DE LA MEZCLA DE AGREGADOS GRUESOS TM 1", CANTERA GLORIA.....	85

TABLA 19. RESUMEN GENERAL DE LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS DE LA MEZCLA AGREGADO GRUESO TM3/4", CANTERA GLORIA.....	85
TABLA 20. RESUMEN GENERAL DE PROPIEDADES FISICOS- MECÁNICAS DE LA MEZCLA DE AGREGADOS FINOS TM1. CANTERA GLORIA .....	86
TABLA 21. RESUMEN GENERAL DE PROPIEDADES FISICOS- MECANICOS DE LA CAL HIDRATADA .....	87
TABLA 22. REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS GRUESOS TM 1", PARA ENSAYO ....	89
TABLA 23. REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS GRUESOS TM3/4", DE ENSAYO .....	90
TABLA 24. REQUERIMIENTO DE LOS AGREGADOS FINOS, DE ENSYO.....	92
TABLA 25. GRADACIÓN DE TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DE 19 MM .....	95
TABLA 26. PARAMETROS MINIMOS Y MÁXIMOS QUE CUMPLEN AL 100% .....	95
TABLA 27. RESULTADO DE LA COMBINACIÓN TEÓRICA DE LOS AGREGADOS EMPLEADAS EN ASFALTO EN CALIENTE .....	97
TABLA 28. RESULTADO DE TAMIZADO DE TMN .....	98
TABLA 29A. RESULTADO DEL CALCULO PARA LA DOSIFICACIÓN DEL AGREGADO/CONTENIDO DE CEMENTE ASFALTICO PARA LA PREPARACION DE BRIQUETAS.....	100
TABLA 29B. RESULTADOS PARA LA DOSIFICACIÓN DE AGREGADO /CONTENIDOS DE CEMENTO ASFALTICO PARA LA PREPARACIÓN DE BRIQUETAS .....	101
TABLA 30. RESULTADO DEL CALCULO PARA EL MEZCLADO DE AGREGADO/ CEMENTO ASFALTICO PARA LA ELABORACION DEL MEZCLA LO QUE DETERMINA LA MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA (RICE).....	104
TABLA 31. CONTENIDO DE ASFALTO AUMENTADO EL 0.5%.....	109
TABLA 32. PEOS DE LA BRIQUETA DE 1230 G. CON 0.5% DE CAUCHO.....	111
TABLA 33. PESO DE LA BRIQUETA 1230 G. CON 1.0% DE CAUCHO.....	111

TABLA 34. PESO DE LA BRIQUETA 1230G. CON 1.5% DE CAUCHO.....	112
TABLA 35. RESULTADO DE LAS BRIQUETAS CON EL CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO DE 4.5% - DISEÑO MARSHALL .....	120
TABLA 36. RESULTADO DE CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA POR EL MÉTODO MARSHALL .....	126
TABLA 37. CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .....	129
TABLA 38.RESULTADO DEL PORCENTAJE DE VACÍOS DE LAS PROBLEMAS DE ASFALTO.	131
TABLA 43. RESULTADO DE LAS PRUEBAS, EL 0.5% COMO OPTIMO .....	134
TABLA 47. RESULTADO DE ENSAYO LOTTMAN.....	137

## INDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN Nº 1</b>	<b>79</b>
Ecuación N <sup>a</sup> 2	79
Ecuación N <sup>a</sup> 3	80
Ecuación N <sup>a</sup> 4	85

## RESUMEN

El siguiente trabajo de suficiencia profesional tiene el propósito de dar soluciones sobre la influencia de caucho en un diseño asfáltico con gradación SUPERPAVE TNM 19 mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta, 2021., este trabajo se hizo en la empresa. MONTALVO CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA E.I.R.L. El cual se compara el comportamiento físico-mecánico de una mezcla asfáltica convencional con gradación SUPERPAVE para agregado de Tamaño Nominal Máximo 19.00 mm sin caucho frente a una mezcla asfáltica con gradación SUPERPAVE para agregado de Tamaño Nominal Máximo 19.00 mm a la que se le incorpora caucho desmenuzado en la composición de la mezcla, en la granulometría considerando un porcentaje de 0.5%, 1% y 1.5%, y verificar la mejora de sus propiedades mecánicas frente a los esfuerzos de deformación permanente y resistencia a la fisuración, agrietamiento por fatiga y/o daños inducidos por humedad. Se puede utilizar diferentes porcentajes de cauchos, recogimos de una serie de teorías respecto a la variable de estudio por lo que consideramos tomar en cuenta otras investigaciones realizadas anteriormente, los cuales consideramos trabajar por vía seca. y comprobar verdaderamente si tales porcentajes influyen en la mejora del desempeño de las mezclas asfálticas en caliente, dependiendo del diseño estructural del pavimento. Se pudo verificar que el caucho si influye en comportamiento físico-mecánico del diseño asfáltico.

## CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

A lo largo del territorio peruano, actualmente se producen algunos inconvenientes ocasionados por pavimentos flexibles con fallas tipo funcional o de tipo estructural, para nuestro caso de tipo funcional con presencias de: deteriorados ya sea por envejecimiento temprano, ahuellamiento, hundimiento, grietas, fisuras longitudinales, fisuras en bloque o piel de cocodrilo, desplazamiento entre otros. La principal dificultad que se observó fue que el diseño de mezcla asfáltica no está cumpliendo el tiempo de vida esperado para la cual fue diseñado generando daños y fisuras en las pistas las cuales pueden afectar a los usuarios, causar accidentes, incidentes y afectar el medio ambiente.

El trabajo de suficiencia profesional propone mejorar la productividad en el sector de obras civiles en rehabilitaciones urbanas en la partida pavimentación; a partir de la evaluación y comparación el comportamiento físico-mecánico y el desempeño de la mezcla asfáltica a los esfuerzos de deformación permanente y fatiga , se ha considerado dos diseños de mezcla asfáltica, uno convencional y otro modificado con la incorporación de caucho desmenuzado en la gradación granulométrica, cuya gradación es de tipo SUPERPVAE para agregado de Tamaño Nominal Máximo 19.00 mm, tal gradación se empleó un porcentaje de caucho 0.5%, 1%,1.5% , en el diseños asfálticos considerando las proporciones determinadas en el diseño patrón convencional PEN 60/70, lo que nos permitió evaluar la influencia del caucho desmenuzado en la mejora del performance de la mezcla asfáltica tanto en sus propiedades físicas-mecánicas, como en el aseguramiento de la extensión de la vida útil del pavimento flexible a nivel de la carpeta asfáltica. Por otro lado sabemos que en la mayoría de carreteras en el Perú se utilizan mezclas asfálticas convencionales con diferentes tipos de PEN dependiendo de la zona, topografía, clima y el área geográfica; para esta indagación se usó como patrón una mezcla asfáltica convencional preparada

con cemento asfáltico PEN 60/70, y se demostró con ensayos de laboratorio la mejora que representa utilizar una mezcla modificada con caucho desmenuzado, en la que se determinó el óptimo porcentaje de caucho a emplear en un diseño asfáltico con gradación SUPERPAVE para agregado de tamaño nominal máximo 19.00 mm a fin de evaluar el comportamiento físico-mecánico y el desempeño para soportar los esfuerzos de deformación permanente y el fisuramiento y/o agrietamiento por fatiga y la resistencia de mezcla asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, a nivel de la carpeta asfáltica, específicamente en la Av. Gambetta.

El arsenal de neumáticos aumenta la probabilidad de incendios y la emanación de gases tóxicos. Por lo que, este trabajo busca mejorar la productividad y el cuidado del medio ambiente en la partida pavimentación; también considerando dos diseños de mezcla, creemos que el remedio para poner fin a este problema o tratar de mejorar este incidente es el diseño de la mezcla el cual se analizó tanto el agregado del caucho como el asfalto con la finalidad de determinar si son aptos para la construcción del pavimento. Los agregados deben ser limpios, tenaces y durables y lo más importante debe tener una granulometría de acuerdo con especificaciones. Los cementos asfálticos para pavimentación poseen a temple ambiente una estabilidad de sólido o semisólido, con propiedades termoplásticas, ya que su estabilidad varía con la temperatura. A bajas temperaturas actúan como un sólido frágil y quebradizo y a temperaturas elevadas como un líquido viscoso. La alteración fue pronunciada en función del tipo de asfalto y de su proceso obtención susceptibilidad térmica. El objetivo del presente tratado es modificar asfaltos para lograr propiedades pétreas no obtenidas en los asfaltos producidos con técnicas convencionales de clarificación. La manera de modificarlos es reuniendo los cauchos. Las mismas son fabricadas o son recuperados de piezas en inutilidad, así como de los neumáticos de vehículos, con procesos de pre tratamiento y molienda variados. Las formas de utilización dependen de la

competitividad entre la técnica de reciclado y la prestación final. La adición de caucho natural con el objeto de aprovechar su flexibilidad y lograr una superficie del pavimento eficiente y duradero. El caucho de llantas usadas puede ser incorporado en las mezclas asfálticas por medio de dos métodos diferentes proceso húmedo y proceso seco. En el proceso húmedo, el caucho actúa modificando el ligante, mientras que en el proceso seco el caucho es usado como una porción de agregado fino. El cemento asfáltico modificado con GCR aumenta la viscosidad de la mezcla, haciéndola más flexible a bajas temperaturas y menos plástica a altas temperaturas. Los pavimentos mejoran la deformación permanente, a la fatiga, y la resistencia a la fisuramiento a bajas temperaturas daños inducidos por la humedad. El procedimiento por vía seca la cantidad requerida de ligante tiende a aumentar, también se requiere un proceso especial para adicionar el GCR en planta, y un mayor tiempo de compactación en obra; el proceso por vía húmeda requiere un equipo adicional en planta para el mezclado y almacenamiento del asfalto-caucho, las bombas y tuberías, requiere más energía para calentar la mezcla cuantas más temperaturas tienen reacciones más duraderas. El GCR se obtiene por trituración mecánica o molienda de llantas desechadas, y debe ser de contextura fina de tamaños menores a 6.3 mm (1/4"). Este posee valiosos componentes que pueden contribuir al buen desempeño del asfalto como lo son el negro de humo que es un antioxidante, las aminas, los aceites aromáticos, y los elastómeros SBS y SBR.

Por ende, se logra que los neumáticos tengan otro uso fuera de su contexto convencional, por lo que estudiamos las posibilidades de valorizar adecuadamente este residuo en cantidades que puedan cubrir el requerimiento suficiente para hacer frente a los deterioros, rajaduras de las pistas que aumenta cada vez más sobre los pavimentos. El caucho granulado reciclado de neumáticos se obtiene a través de la trituración de éstos y la separación de los componentes que lo constituyen, tales como el acero y las fibras. Este procedimiento hace que se logre migas de caucho con

determinadas granulometrías para distintas aplicaciones. En estos últimos tiempos, las plantas recicadoras de neumáticos y procesadoras del caucho, están en etapas iniciales de desarrollo, por lo que son escasas, teniendo costos un poco elevados para acceder al caucho, la cantidad de proveedores va en aumento en los últimos años, ya que podrían garantizar las cantidades satisfactorias para la producción de mezcla con asfalto caucho. Las mezclas asfálticas utilizadas en pavimentos, tiende a integrar una cantidad considerable del caucho contenido en los neumáticos desechados. La inclusión de caucho proveniente de neumáticos a las mezclas asfálticas es una manera de reciclar los desechos para mejorar las propiedades del pavimento. Las mezclas asfálticas modificadas con caucho tienen resultados excelentes que se reflejan en el pavimento, además, potencia la resistencia a la fisuración por fatiga y al envejecimiento, incrementando la vida útil del pavimento y disminuyendo los costos de diseño de mezcla asfáltica asfalto caucho. Por otra parte, lo más importante contribuye a la preservación y control del medio ambiente. En el presente estudio se realizó un ensayo en laboratorio donde se integró caucho a una mezcla asfáltica convencional con gradación superpave para agregados de TNM 19 mm para determinar si influye de manera positiva en las propiedades físicas-mecánicas para mitigar la deformación permanente, fatiga y un ensayo estándar para la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad; este procedimiento tuvo la finalidad de comprobar si la mezcla aporta la extensión de la vida útil del pavimento.

### **1.1 Descripción de la Empresa.**

- MONTALVO CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA E.I.R.L

La empresa Montalvo Constructora y Consultoría E.I.R.L. es constituida como una empresa formal dentro de la personería jurídica a partir del año 2016. Con su representante legal

Montalvo Soto Lis Yudit, identificado con DNI numero 44893120 calidades de Gerente General, con R. U.C N° 20601059381.

TELEFONO : (01) 7242632

CELULAR : 980-633887

E-MAIL : Montalvoconstructora@gmail.com

La empresa MONTALVO CONSTRUCTORA & CONSUTORIA E.I.R.L. es una empresa orientada al desarrollo de proyectos y ejecución de obras de ingeniería, respetando el medio ambiente en armonía con las comunidades en las que opera y asegurando el retorno a las distintas entidades. Para que nuestros clientes, sean nuestra mejor recomendación.

Dichos componentes, son la razón y el respaldo que se tiene bajo el concepto de integridad entre la experiencia, la tecnología y el profesionalismo.

El compromiso de Montalvo Constructora y Consultoría E.I.R.L. frente a los clientes y la comunidad beneficiaria es ejecutar obras de calidad garantizada bajo el cumplimiento de las normas técnicas en el ámbito de la construcción, lo cual permite garantía, durabilidad, eficiencia, que lo respalda la permanencia en el sector construcción, ganando licitaciones en las entidades del estado.

La empresa Montalvo Constructora y Consultoría E.I.R.L., con un equipo de trabajo, con profesionales idóneos y entregados a ejecución de las obras civiles, lo cual es competitivo y hace crecer a la empresa en el rubro de la construcción.

### ***1.1.1 En qué Creemos***

o En las diplomacias entre las personas.

En cuanto nos sea posible, buscamos establecer la mejor relación con nuestros clientes, a fin de que el resultado sea una confianza tranquilizadora en todo el proceso, desde la generación de las ideas hasta la entrega del producto o servicio acordado.

o        En la honestidad a toda tentativa.

En que inevitablemente, todo lo que sembramos como empresa, eso también cosechamos. Es así como nos preocupamos de detalles que van mucho más allá del negocio y que es al fin lo más importante: las personas. En que el negocio es un medio y no un fin para alcanzar otros objetivos superiores.

### ***1.1.2 Anécdota de nuestra Empresa***

Ofreciendo a nuestros clientes, nos instituimos como una empresa constructora del Perú. Hemos desarrollado, a partir de nuestra creación, innumerables proyectos de construcción, a comodidad de nuestros clientes, desarrollando sus proyectos en diversas modalidades.

Montalvo Constructora y Consultoría E.I.R.L. brinda sus servicios a todas las entidades del país, poniendo a disposición de sus clientes, un conjunto de profesionales y técnicos altamente especializados y de gran experiencia.

Nuestra estampilla principal es la Fidelidad con nuestros clientes, subcontratistas, proveedores y personal, los que nos afirman para cumplir con las metas que se nos encomiendan.

Contamos con una flota propia de equipos y maquinarias pesadas, la cual cuenta con los más altos estándares de mantenimiento. Somos una empresa líder que certifica el cumplimiento de todos sus proyectos "Antes del Plazo" con la calidad y seriedad que nuestros clientes requieren.

### **1.1.3 Nuestra Misión**

Proveer con complacencia a nuestros clientes los servicios en la rama de edificación de obras civiles en general, con la mejor calidad tanto en materiales y mano de obra responsable; en el mejor tiempo propuesto, respetando el medio ambiente en armonía con las comunidades en las que opera y asegurando el retorno a las distintas entidades. Para que nuestros clientes, sean nuestra mejor recomendación.

### **1.1.4 Nuestra Visión**

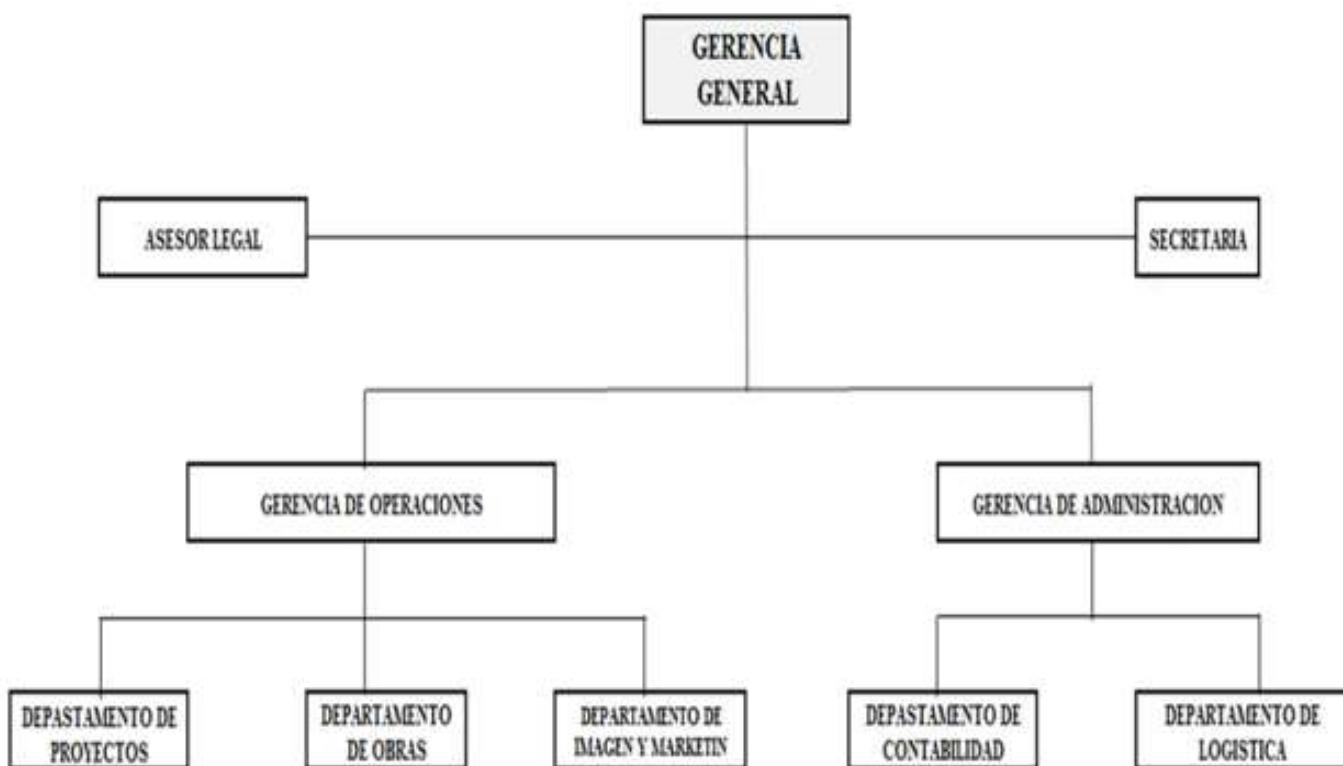
Ser una empresa de constante modernización tecnológica y actualización de nuestros trabajadores para un alto nivel de eficiencia, calidad y seguridad en el servicio dentro y en función del desarrollo económico y social del país.

### **1.1.5 Nuestros Servicios**

- o Diseños y estudios de obras civiles, estudios de suelos, estudios geológicos, geotécnicos y arquitectónicos.
- o Elaboración de proyectos y ejecución de obras de construcción civil, obras civiles mineras, electrónicas, electromecánicas, sanitarias, telefónicas y asesoramiento en general en obras públicas y privadas.
- o Actividades de la elaboración de la construcción detalladas en la gran partición
- o 5 de la clasificación industrial internacional uniforme de las naciones unidas (C.I.I.U.).
- o Construcción de todo tipo de edificios, edificios multifamiliares, viviendas, núcleos educativos y de salud; y edificaciones comerciales e industriales.
- o Construcción de obras hidráulicas, construcción de habilitaciones urbanas, estructuras metálicas y de concreto armado, de redes de agua, desagüe y alcantarillado.
- o Pavimentaciones (Rígidas y Flexibles).

- o Montaje y desmontaje de campamentos.
- o Estudios y desarrollo de proyectos de ingeniería, asesoría técnica, consultoría y supervisión de obras.
- o Proyectos de edificaciones urbanas, de habilitaciones, de riesgo y drenaje, agroindustriales, electromecánicos, proyectos viales.
- o Estudio y mecánica de suelos.
- o Compra y venta, corretaje de todo tipo de bienes inmuebles, terrenos, casas, viviendas, edificios.
- o Tabiquería con drywall, diseño y fabricación de estructuras metálicas.
- o Representación de empresas y organizaciones dedicadas a la construcción o negocios inmobiliarios diversos.
- o Denuncio, cateo, comercialización procedimiento, prospección, explotación y explotación minera, labor general y beneficio, bajo el sistema de concesiones en el suelo, subsuelo y zona marítima.
- o Servicio de eliminación de desmonte.
- o Compra, venta, importación, explotación, comercialización, distribución de agregado de construcción, artículos de ferretería y material para la construcción.

**Figura 1. Organigrama de la Montalvo Constructora y Consultoría E.I.R.L**



Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO 2: MARCO TEORICO

### 2.1 Bases Teóricas

Según (Suñiga 2015), la mezcla debe ser diseñada de manera cuidándose todas las formas, las mismas que deben ser colocada con facilidad, evitando segregaciones. Antes de diseñar la mezcla se tiene que examinar el agregado, el asfalto para verificar si son idóneos para considerarlos en la construcción del pavimento. Estos deben ser limpios, tenaces, durables y granulometría de acuerdo con la necesidad de las especificaciones. El pavimento es considera como organización de una o más capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento, construida de materiales apropiados y cuya principal función es la de permitir el rodamiento de vehículos por una vía o área de circulación, de una forma rápida, cómoda y segura para los usuarios. Debe ser resistente a la acción del tránsito, a los efectos del clima y transmitir hasta la subrasante los esfuerzos producidos por las cargas, con magnitudes inferiores a la capacidad de soporte del suelo de apoyo.

Revista (2002), la granulometría se desprenden los diferentes tipos de graduaciones: semi densas o densas (carpetas de rodado ciclovías) semi abiertas (binder y bases) y abiertas. El pavimento asfáltico tiene que cumplir con ciertas características para ser más resistente es importante que los asfaltos se adhieran bien a los agregados pétreos. Por lo que, se hacen variedad de ensayos de adherencia agregado - bitumen. El mismo que sirven para evaluar la capacidad de adherencia y despegue entre áridos y ligantes empleados en la mezcla.

Conrado (2015), en el diseño de una mezcla se debe incorporar impermeable para no permitir el paso del agua hacia las capas. La mezcla no debe ser 100% impermeable. La falta

de vanos al interior de ésta no permite impregnar la consolidación de la mezcla por frotado del tránsito; desplazando el asfalto hacia la superficie, tornándolo resbaladizo, inferiores y de esta forma evitar la pérdida de capacidad de soporte. Es necesario recalque, El agregado pétreo debe encontrarse recubierto con una película de asfalto lo suficientemente conveniente para ser sometida al proceso de compactación sin ser alterada. El espesor de cutícula de asfalto que recubre el agregado pétreo es una de las características resaltantes para el actuación de las mezclas a través de los parámetros de estabilidad y durabilidad. El pavimento asfáltico tiene las siguientes características como el sistema tricapa, cuya capa superior es de concreto asfáltico.

### ***2.1.1 Diseño de Mezcla Asfáltica***

Espinosa (2016), refirió que la mezcla debe de cumplir ciertas características de diferentes tamaños y la granulometría, se desprenden los diferentes tipos de graduaciones: Semidensas o densas (carpetas de rodado ciclo vías) semiabiertas (binder y bases) y abiertas (bases). Resistencia al desgaste los agregados deben ser resistentes para poder soportar el rodillada durante el proceso constructivo y enseguida la acción del tráfico. Se tiene que hacer un ensayo para lo cual se posee que incluir los pavimentos asfálticos, estos no se deben disgregar bajo la acción de los agentes atmosféricos. Se debe de realizar un tamizado por vía húmeda para verificar pureza rozamiento interno propiedades superficiales. Los áridos chancados tienden a impedir el desplazamiento de las partículas bajo la acción de una carga; debido al roce y trabazón entre partículas de agregado. Su influencia se refleja en los valores obtenidos en el Ensayo de Estabilidad Marshall.

### ***2.1.2 Asfalto***

El asfalto es un mecanismo derivado del petróleo, formado por los hidrocarburos más cargantes, de color negro, con propiedades cementantes, que cambia de consistencia entre sólido y semisólido a temperaturas del medio ambiente tradicionales. El líquido asfáltico labora con

temperaturas altas lo que le da la facilidad de pasar de un estado blando a un estado líquido con el fin de pegarse mejor a los agregados. El asfalto se adhiere de forma sencilla a las partículas de añadido y además es un admirable material impermeabilizante y no es perjudicado por los ácidos, los álcalis o bases, o las sales. El asfalto cambia una vez que es calentado y/o envejecido. Tiende a volverse duro y frágil y además tiende a derrochar parte de su capacidad de unirse a las partículas de añadido, (Propiedades y Estudios de los Materiales asfálticos y Pétreos).

Los asfaltos de pavimentación pueden clasificarse en tres tipos generales:

- El Cementos asfálticos
- El Asfalto diluido (o cortado)
- El Asfalto emulsificador

Los cementos asfálticos se clasifican bajo los siguientes tres sistemas diferentes: Viscosidad, viscosidad después de envejecimiento y penetración. Cada sistema abarca diferentes grados, cada uno con diferente rango de consistencia. (Salamanca, 2007, p. 5). (Categoría: Materiales Bituminosos).

### **2.1.3 *El Cemento Asfáltico***

El Manual de carreteras (2013) funda que las mezclas asfálticas y el tipo de cemento asfáltico que va ser utilizado en imprimación y riegos de liga serán organizados por su viscosidad y grado de penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la Tabla 2.ver anexo M, según lo establecido en Proyecto y aprobado por el Supervisor. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**TABLA 1. SELECCIÓN DE TIPOS DE LOS CEMENTOS DE ASFALTOS**

*TEMPERATURA MEDIA ANUAL*

<i>24 °C O MAS</i>	<i>-15°C</i>	<i>24°C</i>	<i>-5°C</i>	<i>15°C</i>	<i>MENOS</i>
<i>40-50 ó</i>		<i>60-</i>		<i>85-</i>	<i>DE 5°C</i>
<i>70</i>			<i>100</i>		<i>ASFALT</i>
<i>60-70 ó</i>				<i>120-</i>	<i>O MODIFICADO</i>
			<i>150</i>		
					<i>MODIFICADO</i>

*Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013). Recuperado de. <https://bit.ly/3ffKP2o>*

Según el MTC (2013) los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen las Tablas 3. El cemento asfáltico debe mostrar un aspecto homogéneo, autónoma de agua y no formar espuma cuando es provocado a la temperatura de 175°C. El MTC (2013) precisa que el cemento asfáltico podrá modificarse mediante la inserción de aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto garantizado, con los ensayos convenientes. En tales casos, las especificaciones particulares establecerán el tipo de aditivo y las especificaciones que deberán desempeñar tanto el cemento asfáltico modificado como las mezclas asfálticas efectivo, que serán aprobadas por el Supervisor en obra, al igual que la dosificación y dispersión homogénea del aditivo incorporado. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**TABLA 2. ESPECIFICACIONES DE LOS CEMENTO ASFALTICOS POR EL MÉTODO DE PENETRACIÓN**

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) <sup>(1)</sup>	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) <sup>(2)</sup>											
Solvente Nafta - Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	Negativo		
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	Negativo		
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	Negativo		
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h</b>											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754			0,8		0,8		1,0		1,3	
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm <sup>(3)</sup>	MTC E 306			50		75		100		100	

Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013).

Recuperado de <https://bit.ly/3uSXgrl>

**TABLA 3. ESPECIFICACIONES DEL CEMENTOS ASFALTICOS SELECCIONADOS POR VISCOSIDAD**

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±800
Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
➤ Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
➤ Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) <sup>(1)</sup>					
Solvente Nafta – Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Nota: Empañado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013). Recuperado de <https://bit.ly/3tR4E5s>

### **2.3.4 Los Materiales Bituminosos**

Se nombran Materiales Bituminosos a indivisos esos productos que en su estructura tienen dentro un mecanismo orgánico denominado Betún, cuya característica preponderante es la impermeabilidad. Los Materiales Bituminosos que son sustancias de color negro sólidas o viscosas, dúctiles, que se suavizan por el calor y entienden a esos cuyo principio son los crudos petrolíferos como además a los logrados por la purificación destructiva de sustancias de origen carbonoso, reservando el rescindo asfáltica para esas sustancias de origen petrolífero, naturales o artificiales, y alquitranes a las que provienen de sustancias carbonosas. Para la desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente se usa el cemento asfaltico.

### **2.3.5 El Pavimento y La Calzada**

Reyes (2003), calzada es denominada el ronda o parte de una calle o carretera reservada a los vehículos. Con respecto al pavimento se puede decir que las capas superpuestas, de diferentes materiales, y compactadas en forma adecuada rasante: línea que marca la cota del camino terminado, la subrasante línea que marca la cota del movimiento de tierra terminado sobre el cual se construye el pavimento.

### **2.3.6 Los Tipos de pavimento**

De igual manera, Reyes (2003), pavimentos flexibles está constituido por una serie de capas que permiten transmitir las cargas de tránsito hasta el terreno natural sin que este se deforme. No siempre es necesario colocar todas las mantos señaladas (depende del tránsito, tipo de suelo, etc.) capa asfáltica. La calidad estructural de estas capas varía con la profundidad. En un pavimento flexible, las diferentes capas pueden ser granulares y asfálticas. El pavimento flexible está constituido por la estructura una carpeta de rodado asfáltica y como base una grava cemento.

### **2.3.7 Las Capas de protección**

Reyes (2003), Estas capas no ayudan estructura al pavimento y la afiliación del grosor final no sobrepasan los 3 cm. Estos se refieren:

- a) Riegos asfálticos
- b) Riegos asfalto agregado
- c) Sellos de mezcla
- d) Sellos de fricción
- e) Lechadas

Esto basa en la incorpora de un asfalto líquido, ya sea sobre una capa granular o sobre una capa asfáltica. Estos corresponden a riegos asfálticos tapados por una o más capas de agregado ya sea arena fina. El espesor del método lo da el tamaño del agregado pétreo de la primera capa, por cuanto las capas sucesivas de agregados pedregosos sólo llenan huecos de la capa anterior. Corresponde a una mezcla de ligante asfáltico cubierto con mantos de agregado colocado sobre un pavimento existente. Etribando del tamaño del agregado será la ocupación u objetivo de cada sello.

**3.-Pavimentos y Revestimientos Asfálticos** Es cualquier tipo de mezcla colocada en espesores delgados para corregir fallas funcionales.

### **2.3.8 Sello fricción**

Mezclas abiertas colocadas en volúmenes flacos para mejorar el drenaje superficial.

### **2.3.9 Lechadas**

Se dice, añadido fino más filler, más agua y más emulsión

### **2.3.10 *Capas estructurales***

Permanecen referidas a cada una de las construcciones, capas asfálticas de una mezcla y espesor, dichos conforman una composición resistente en el diseño de un pavimento flexible. Las capas asfálticas estructurales tienen la posibilidad de clasificar según los próximos límites: posturas relativas en la composición, por su granulometría, vanas en la mezcla, de consenso con el proceso constructivo.

### **2.3.11 *La Mezclas asfálticas en caliente***

Se menciona mezcla asfáltica en caliente a la distribución de áridos (incluido el polvo mineral) más con un ligante. Las fracciones tocantes de ligante y áridos determinan las características físicas de la mezcla. Se irrita el complemento pétreo y el ligante a alta temperatura, bastante mayor a la ambiental. Enseguida esta mezcla es colocada en la obra.

El MTC (2013) define que el material bituminoso a utilizar en los diferentes trabajos según la especificación pertinente será obligatoriamente aplicada dentro de los rangos de la carta viscosidad-temperatura (ASTM D341) establecidos en el proyecto y aprobado por el Supervisor. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**TABLA 4. RANGOS DE LAS TEMPERATURAS DE APLICACIÓN DEL ASFALTO**

**Tabla 415-07**  
**Rangos de temperatura de aplicación (°C)**

Tipo y Grado del Asfalto	Temperaturas de Esparcido <sup>(2)</sup>		Temperaturas de Mezclado en Planta <sup>(1)</sup>	
	Mezclas in situ	Tratamientos superficiales	Mezclas Densas	Mezclas Abiertas
<b>Asfaltos Diluidos</b>	-.-	30	-.-	-.-
	20	50	-.-	-.-
	40	75	55-80	-.-
	55	95	75-100	-.-
<b>Emulsiones Asfálticas</b>	-.-	50-85	-.-	-.-
	-.-	50-85	-.-	-.-
	20-70	-.-	10-70	
	20-70	-.-	10-70	
<b>Cemento Asfáltico</b>			140 máx (4)	140 máx (4)
<b>Todos los grados</b>				

- (1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada
  - (2) La máxima temperatura deberá estar debajo de aquella en la que ocurre valores o espuma
  - (3) En algunos casos la temperatura de aplicación puede estar por encima del punto de inflamación. Por tanto se debe tener precaución para prevenir fuego o explosiones.
  - (4) Se podrá variar esta temperatura de acuerdo a la carta de viscosidad –temperatura
- Fuente: MS-16-Asphalt institute

*Nota: Tomado del Dócil de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales hacia Construcción (2013).*

Recuperado de <https://bit.ly/33OievC>

### 2.3.11.1. Clasificación de las mezclas en caliente.

Es una capa aglomerada de agregados pétreos y asfalto, generalmente semi cerrada o cerrada diseñadas y para resistir la abrasión y desintegración por efectos ambientales. Capa Intermedia: Mezcla generalmente abierta y graduada densa o gruesa, situada sobre la base. Base Asfáltica: Mezcla habitualmente abierta colocada sobre la base granular o subrasante, a la cual se le sobrepone la capa intermedia o rodadura. Mezcla abierta huecos > 6% Mezcla semi densa o densa Huecos 6% En caliente e frío, de acuerdo con estas especificaciones. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

### 2.3.12 Agregados

Los agregados son materiales que emanan de canteras ya sea de cerro o de río, este material está constituido por grava y las arenas mezcladas son conocidos como granulares, normalmente son utilizados en la construcción de carreteras. A estos materiales se les pueden complementar con aditivos estabilizadores para un mejor comportamiento. Mediante las maquinarias clasificadoras se pueden obtener agregados procesados para ser usados como complemento en concreto flexible o concreto hidráulico. (Smith M. R. and L. Collins, 1994). (Materiales básicos – UPCommons). Los agregados obedeciendo de la técnica que utilicen para resolver, pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) Agregados Naturales. Esta clase de agregado transita por un proceso de tamizado en su gradación, para después, según sea solicitado se va a poder tener en cuenta tamaño y forma según los fronteras que se establezcan.
- b) Agregados de Trituración. Son agregados que pasan por un proceso de categorización, por medio de una máquina es triturada la piedra procedente de Cantera, logrando diferentes gradaciones según para lo cual van a ser usadas (arena chancada, roca chancada), son clasificados conforme con la necesidad de la obra. Anterior a pasar para ser triturados pasan por un inspección de calidad para ver sus cualidades físicas.
- c) Agregados Artificiales. Hay diferentes procesos para lograr este material, dichos productos vienen de demoliciones otros son materiales reciclables, el término final es poder reutilizarlo según plasmen con exigencias técnicas.
- d) Agregados Marginales. Son productos que permanecen fuera de cualquier exigencia técnica, en su mayoría son desechados.

### 2.3.12.1. Agregados Minerales Gruesos.

El MTC (2013) define que los agregados pétreos empleados para la desempeño de cualquier método o mezcla bituminosa deberán tener una naturaleza tal, que, al emplear una capa del material asfáltico, ésta no se arranque por la acción del agua y del tránsito, solo van a ser aptos agregados de buena calidad y que posean una buena cohesión con el líquido asfáltico. Se dejará únicamente la implementación de agregados que atraigan de forma sencilla la humedad, con la condición del uso de además mejoradores de cohesión solamente si es verificada su efectividad. De acuerdo con las encargas de las especificaciones técnicas los agregados considerados gruesos son todos los retenidos que pasan a partir de la malla N°4 y la situación que debe efectuar el agregado es que las gravas implicant estar trituradas al 100%, tienen que ser limpias sin vestigios de arcilla, la grava debe ser cubica tratando de tener un porcentaje bajo de chatas y alargadas, debe poseer una dureza y ser resistente. Es importante el enjuague para el tema de adherencia.

Los agregados gruesos, incumben cumplir además con los requerimientos, establecidos en la tabla 5, ver anexo A. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**TABLA 5. REQUERIMIENTOS PARA EL AGREGADO GRUESO**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% min.	35% min.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras Fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Soles Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

- Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.
- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

*Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013). Recuperado de: <https://bit.ly/3w6ZbsG>*

### 2.3.12.2. Agregados Minerales Finos.

Que el Manual de carreteras (2013) establece de que se designará agregado fino a la parte del agregado integral que comprende desde el tamiz N° 4 hasta el tamiz N° 200 además del polvo mineral o llenantes pasante del tamiz N° 200.

El material estará formado por arena de moledura o por una composición de ella con arena de procedencia natural. La igualdad admisible de esta última va a ser implementada en el diseño aprobado que corresponde.

Se indica que las partículas del agregado fino deben estar limpios, ser rígidos y deberán tener un área áspera, y una forma angular o redondeada según lo solicitado. Para que pueda tener

una buena unión con el asfalto, es importante que no tenga materiales deletéreos o arcillas que entorpezcan la cohesión entre el líquido asfáltico y el añadido fino.

Los agregados finos, deben cumplir además con los requerimientos, establecidos en la tabla 6. Ver anexo C, (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**TABLA 6. REQUERIMIENTO PARA EL AGREGADO FINO**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Anularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metílico	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

- Excepcionalmente se aceptará porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.
- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, subsección 430.02.

*Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013).*

*Recuperado de <https://bit.ly/33NtMiM>*

### 2.3.12.3. Gradación.

El MTC (2013) define que la gradación de los agregados pétreos para la fabricación de la mezcla asfáltica en caliente incumbirá ajustarse a alguna de las siguientes gradaciones y serán propuestas por el Contratista y aprobadas por el Supervisor.

Además de los requisitos de la calidad que debe poseer el agregado grueso y fino según lo establecido en la subsección 1.5.7.2. y 1.5.7.3., el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de masas de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznables según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá coger materia orgánica y otros materiales deletéreos. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**2.3.12.4. Gradación para Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC)** La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los usos granulométricos, especificados en la tabla 7.

TABLA 7. LA GRADACIÓN PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

*Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013). Recuperado de <https://bit.ly/3hvtZzo>*

*Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto, que se muestra a continuación:*

**TABLA 8. GRANULOMETRICO PARA LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE -ASTM D 3515**  
**Graduaciones propuestas para mezclas cerradas (ASTM D3515)**

Abertura de malla	Mezclas cerradas								
	Tamaño máximo nominal del agregado								
	2 in (50 mm)	1 ½ in (37,5 mm)	1 in (25,0 mm)	¾ in (19,0 mm)	½ in (12,5 mm)	3/8 in (9,5 mm)	No. 4 (4,75 mm)	No. 8 (2,36 mm)	No. 16 (1,18 mm)
<b>Graduaciones para mezclas de agregados (grueso, fino y filler)</b>									
2 ½ in. (63mm)	100	...	...	...	...	...	...	...	...
2 in. (50mm)	90 – 100	100	...	...	...	...	...	...	...
1 ½ (37,5mm)	...	90 – 100	100	...	...	...	...	...	...
1 in. (25,0 mm)	80 – 80	...	90 – 100	100	...	...	...	...	...
¾ in. (19,0mm)	...	56 – 80	...	90 – 100	100	...	...	...	...
½ in. (12,5mm)	35 – 65	...	56 – 80	...	90 – 100	100	...	...	...
3/8 in. (9,5mm)	...	...	...	56 – 80	...	90 – 100	100	...	...
No. 4 (4,75mm)	17 – 47	23 – 53	29 – 59	35 – 65	44 – 74	55 – 85	80 – 100	...	100
No. 8 (2,36mm)	10 – 36	15 – 41	19 – 45	23 – 49	28 – 58	32 – 67	65 – 100	...	95 – 100
No. 16 (1,18mm)	...	...	...	...	...	...	40 – 80	...	85 – 100
No. 30 (600 µm)	...	...	...	...	...	...	35 – 65	...	70 – 95
No. 50 (300 µm)	3 – 15	4 – 16	5 – 17	5 – 19	5 – 21	7 – 23	7 – 40	...	45 – 75
No. 100 (150 µm)	...	...	...	...	...	...	3 – 20	...	20 – 40
No. 200 (75 µm)	0 – 5	0 – 6	1 – 7	2 – 8	2 – 10	2 – 10	2 – 10	...	9 – 20
<b>Asfalto, Porcentaje con respecto al peso total de la mezcla</b>									
	2 - 7	3 - 8	3 - 9	4 - 10	4 - 11	5 - 12	6 - 12	7 - 12	8 - 12

Nota. Tomado del Manual ASTM – 2014. Recuperado de <https://bit.ly/2RneqPl>

### 2.3.13 Filler o Polvo Mineral

En MTC (2013) apura que el Filler o lleno de origen mineral, que sea necesario utilizar como relleno de vacíos, espesante del asfalto o a calidad de mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de apoyo la cal hidratada, que corresponderá cumplir la norma AASHTO M-303.

Podrá usarse una fracción del material preveniente de la clasificación, siempre que se confirme que no tenga ejercicio y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E205, deberá situarse entre 0,5 y 0,8 g/cm<sup>3</sup> y su coeficiente de emulsibilidad (NLT 180) convendrá ser menor a 0,6. La cantidad a utilizar se concretará en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshall. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

### 2.3.14 *Los elementos Mejoradores de Adherencia*

El MTC (2013) obligan que son productos manipulados en las mezclas asfálticas, que poseen por finalidad mejorar las adherencias juntar el asfalto y los agregados pétreos. Para la mejora de la adherencia entre los productos bituminosos y los agregados pétreos se podrán utilizar:

- a). Cal tipo I y II (AASHTO M303).
- b). Base tipo amina.
- c). Cenizas (AASHTO M295).
- d). Otros productos de calidad certificada.

Los compendios mejorador de adhesión seleccionado, antes en el plan y aprobado por el Supervisor, tendrán que aseverar el nivel de afinidad solicitado entre el par asfalto-agregado, conforme el ejemplar del pavimento bituminoso a manipular. En la situación de mejoradores de adhesión líquidos, asume que debería ser homogéneos y no exponer alejamiento de etapas. La efectividad, compatibilidad y alto rendimiento del aditivo entre el par asfalto – agregado en cada uno de los diseños de mezcla, será evaluada según AASHTO T283 señalado en la tabla 9. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**TABLA 9. GARANTIA DEL ADITIVO**

Ensayos	Norma	Requerimiento
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (**)	AASHTO T 283*	80 min.

- El ensayo AASHTO T-283 deberá ser efectuado teniendo en cuenta la aplicación de los ciclos completos de congelamiento y calentamiento
- Opcionalmente se puede efectuar el método ASTM D4567 (lotman Modificado) y deberá ser efectuada teniendo en cuenta la aplicación de los ciclos completos de congelamiento y calentamiento.

*Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013). Recuperado de <https://bit.ly/3hoJ1qy>*

**TABLA 10. REQUESITO DE LA ADERENCIA**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		< 3.000	> 3.000*
Adherencia (Agregado grueso)	MTC E 517	+95	-
Adherencia (Agregado fino)	MTC E 220	4 min.**	-
Adherencia (mezcla)	MTC E 521	-	+95
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283	-	80 Min.

- Mayor a 3000msnm y zonas húmedas o lluviosas
- Grado inicial de desprendimiento

*Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013). Recuperado de <https://bit.ly/3oj2vON>*

### 2.3.15 La Composición de agregados

El MTC (2013) puntualiza que las características de aptitud de la miscelánea asfáltica deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso que se indican en las tabla 11, según corresponda al tipo de mezcla que se produzca, de acuerdo con el diseño del proyecto. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**TABLA 11. REQUISITOS PARA LA MEZCLA DE LOS CONCRETOS BITUMINOSO**

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Min.		

- A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tiene el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de msnm que se recomienda en estos casos.
- Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0.075mm y el contenido efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.
- Para zonas de clima fríos es deseable que la relación est./flujo sea de la menor magnitud posible.
- El índice de compatibilidad mínimo será 5.
- El índice de compatibilidad se define como:  $\frac{1}{GEB50 - GEB5}$
- Siendo GEB, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 golpes.

Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013).

Recuperado de <https://bit.ly/3yp9BpE>

**TABLA 12. VACIOS EN LOS AGREGADOS MINERALES (VMA)**

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N. <sup>o</sup> 8)	21	-
4,75 mm (N. <sup>o</sup> 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (½")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 ½")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Nota: valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la subsección 423.02©. Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

Nota: Tomado del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013).

Recuperado de <https://bit.ly/3tLl4wd>

### 2.3.16 *El Diseño de Mezcla Asfáltica con Incorporación de Cacho.*

Aplicando algunas y nuevas técnicas como para desmenuzar el caucho y mezclado con el líquido asfáltico, podremos aprovechar mejorar el asfáltico en las capas de las vías. Fichas técnicas nos permite incrementar los cauchos en asfaltos normales, la ventaja de realizar esta operación es mejorar sus propiedades mecánicas, dando una mejor estabilidad y resistencia a la deformación permanente y fatiga, los cuales pueden ser afectados también a la intemperie del tiempo por temas de presipitaciones, viento, temperatura y también por la sobre carga de los vehículos que transitan por la vía. (Asfaltos Modificados con Polímeros – Monografias.com).

Los objetivos que se persiguen con la modificación de los asfaltos incorporando caucho, es contar con ligantes más viscosos a temperaturas elevadas para reducir las deformaciones permanentes (ahuellamiento), de las mezclas que componen las capas de rodamiento, aumentando la rigidez a la deformación. El mejor aprovechamiento de modificar el líquido asfáltico con polímeros es en zonas de altura, donde se produce una gradiente térmica considerable, durante el día se elevada la temperatura y por las noches baja bruscamente, en una mezcla normal ocasiona grietas y fisuras, esto es lo que disminuye al incrementarle caucho al líquido asfáltico, y otro punto importante es la elasticidad que tiene, alargando el tiempo de fatiga. Y otra de sus mejores características en su adherencia a los agregados. (Asfaltos convencional con otro incorporando cucho).

Pereyra (1989), El caucho es un material, el cual es obtenido a partir de las secreciones de tipo lechosa, que son producidas por el árbol de caucho. La resina que se obtiene de forma natural del árbol se conoce con el nombre de látex, luego de eso, este producto es tratado con diversos químicos, los que luego van a dar paso a la fabricación del látex, los usos de este material pueden ser muy variados, sin embargo la aplicación que mayor relevancia tiene es en la

fabricación de neumáticos y ciertos compendios hechos a partir de hidrocarburos, en la actualidad este material puede llegar a producirse de forma artificial para lo cual se requiere que se repliquen las técnicas de producción. Las aplicaciones de este material son muy diversas y datan desde épocas arcaicas, antes de que América fuera colonizada por los pueblos europeos, los pueblos nativos ya le daba uso al caucho, elaborando herramientas como cierto tipo de calzado con el fin de proteger los pies, lo que permitió que regiones como Iquitos y Manaos (actual Brasil) tuvieran un progreso bastante significativo, la explotación del caucho para ese entonces significó también que los trabajadores que allí laboraran fueran explotados.

Pérez (1941), el caucho existe plazas de goma (caucho en láminas) en espesores de 1 hasta 150mm en diferentes durezas de entre 30 y 90° Shore A. Con diferentes acabados, lisas por dos caras, grabadas con una cara impresa o incluso ambas caras de tejido impresas, grabadas con dibujos de rombos, cuadrados, círculos, etc. Hay una amplia gama de Elastómeros: NR Caucho Natural obtenida de los cultivos del Sudeste Asiático El caucho natural presenta excelentes propiedades mecánicas, eléctricas y dinámicas y buena resistencia a ácidos, sales y bases. Presenta un rango de durezas muy amplio, desde 30 a 90° Shore A, y su campo de temperaturas llega hasta los 90°C. El caucho natural no se debe emplear en presencia de grasas, hidrocarburos, aceites vegetales ni aceites minerales. SBR Caucho Sintético, Copolímero de Estireno y Butadieno El SBR es un sustitutivo al caucho natural con bastante similitud. Presenta una mayor resistencia a la temperatura y un mejor envejecimiento. Su campo de temperatura alcanza hasta los 110° C. Presenta, no obstante, propiedades más pobres para aplicaciones mecánicas por ser menos resistente al desgarro. Su resistencia química generalmente es buena a productos químicos inorgánicos, no siendo adecuada para orgánicos. Su comportamiento ante los ácidos oxidantes y ácidos minerales no es adecuado. No está recomendado su uso para aplicaciones al aire libre.

Carrasco (2014), hoy en día encontramos miles de artículos fabricados de caucho y todos ellos poseen diversos usos, este material se utiliza principalmente para la fabricación de llantas, neumáticos, artículos aislantes e impermeables. Es repelente al agua, aislante de electricidad y temperatura, se disuelve muy fácilmente ante bencenos, petroleros y algunos hidrocarburos. El caucho de origen natural se vulcaniza habitualmente, en este proceso el caucho se calienta agregándosele azufre o selenio, esto se realiza para enlazar las cadenas de elastómeros y así poder mejorar su resistencia a los cambios de temperatura y elasticidad.

**Figura 2. Caucho en trozos**



Fuente: Recuperado de <https://bit.ly/3oj9N4W>

### 2.3.17 Las Técnicas para trabajar el caucho

El moldeo por compresión es una técnica en la cual la materia prima - en forma de polvo - es introducida en un molde calefaccionado a una temperatura entre 140 °C y 160 °C, y sometida a una elevada presión. El calor y la presión se mantienen hasta que la reacción finaliza. Al cabo de unos minutos - determinados a partir del espesor de la pieza - se produce la plastificación y curado dentro del mismo molde, para luego retirar la pieza terminada.

Este método de moldeo es utilizado para producir interruptores de electricidad y porta fusibles, electrodomésticos, maquinarias, medidores de gas y luz, entre otras aplicaciones.

**Figura 3. Caucho en Molido**



Fuente: Recuperado de <https://bit.ly/3oj9N4W>

**2.3.17.1. Moldeo de caucho por transferencia.** En el moldeo por transferencia el proceso es similar al anterior, con la diferencia que la materia prima se precalienta antes de ser introducida en el molde y transferida hidráulicamente. Este sistema se usa generalmente en moldes con movimientos y que tenga hoyos, insertos, postizos, etc.

**Figura 4. Cacho Reciclado**



Fuente: Recuperado de <https://bit.ly/3oj9N4W>

#### **2.3.17.2. Moldeo de caucho por inyección.**

En el moldeo por inyección la materia prima es colocada en una tolva, y por gravedad cae dentro de la máquina que, a través de un tornillo calefaccionado, se inyecta a presión dentro del molde cerrado, con una temperatura inferior a la de la materia prima inyectada. Luego de unos segundos se retira la pieza terminada. La presión de la inyección es alta, dependiendo del material que se está procesando. El moldeo por inyección es un proceso rápido, muy apto para producir gran cantidad de productos idénticos. Desde componentes de ingeniería de alta precisión hasta bienes de consumo de uso común.

#### **2.3.17.3. Atemperadores de molde.**

Los atemperadores son sistemas por medio de los cuales es posible aumentar o disminuir la temperatura del molde durante el proceso de premoldeado. La temperatura que debe alcanzar el molde en esta instancia depende de la materia prima que se va a utilizar. En la mayoría de los casos la información sobre la temperatura de premoldeado es suministrada por el fabricante. Los

procesos de atemperamiento se realizan con todos los materiales de la industria plástica. La explotación del caucho en el Perú, brasileña y colombiana genera tal actividad que ciudades como Iquitos sean principales centro de operaciones y puerto exportador que se genera la fiebre del caucho, constituyéndose en ciudades de gran prosperidad económica.

### ***2.3.18 El Método Marshall***

ORELLANA (2016, p. 48-51) declara que:

El Método inicialmente fue desarrollado por Bruce Marshall en los 1940s, mientras que trabajaba el Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi.

Dicho método se rige a la norma ASTM D-1559, el cual consiste en medir la resistencia al flujo plástico de especímenes cilíndricos de mezclas bituminosas, sometiéndolas a carga en la superficie lateral por intermedio del equipo Marshall; este método se emplea a mezclas en caliente de cementos asfálticos y agregados cuyo tamaño máximo sea 1" (pulgada) o menor. Su objetivo es determinar el contenido óptimo de asfalto para un tipo de granulometría y cemento 21 asfáltico en una mezcla asfáltica, considerando sus composiciones volumétricas y sus propiedades físicomecánicas.

### ***2.3.19 La Metodología SUPERPAVE***

Se dice que Destinaron un presupuesto de 150 millones de dólares (un fondo procedente de estados Unidos, Canadá, México y más países europeos), entre los años de 1987 y marzo del 1990, Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, acreditado por sus abreviaturas en inglés SHRP (Strategic Highway Research Program). Dando una consecuencia final de su investigación un nuevo sistema que aporta la especificación de materiales asfálticos: el llamado método SUPERPAVE (SUperior PERforming Asphalt PAVEments); una tecnología que pueda

especificar el cemento asfáltico y agregados minerales, para desarrollar un diseño de mezcla asfáltica; que ayuda analizar suspicacias del trabajo del pavimento. Delgado, Horacio [et al., s.f.].

### ***2.3.20 los Requisitos del Método SUPERPAVE***

ORELLANA (2016, p. 51-52) brinda indicaciones en las que menciona 5 características a seguir por el método Superpave:

1. Selección del grado del cemento asfáltico mediante el clima específico y el tráfico deseado.
2. La granulometría del agregado es dada para cada tamaño máximo nominal en los rangos de 4.75 a 37.5 mm. En versiones antepuestas del método Superpave, la granulometría incluía una zona restrictiva- una región que debería ser evitada para asegurar alguna predisposición de la mezcla- pero las versiones recientes ya no incluyen esta restricción.
3. Evaluación de muestras de prueba hechas en laboratorio mediante especímenes compactos de 150mm de diámetro y 100mm de espesor cerca de. Estos especímenes corresponden ser compactados con el uso del Compactador Giratorio Superpave ver Figura 5, Tal como en el método Marshall, el nivel de compactación varía con el tráfico esperado.
4. Todas las mezclas de prueba son valoradas en base a su composición volumétrica, con requisitos de diseño de contenido de aire, VMA y VFA.
5. Todas las mezclas deben ser valoradas por resistencia a la humedad usando el método Lottman (AASHTO T 283). A diferencia del método Marshall, no existe un ensayo última etapa de estabilidad, flexibilidad o resistencia.

*Figura,5. Superpave gyratory compactor (courtesy of Pine Equipment Company)*



Fuente:(Harrigan, 2011, pág. 104

Método SUPERPAVE contiene de tres niveles de diseño depende el nivel de tráfico que se va exhibir la mezcla (ver tabla 13)

**TABLA 13. NIVEL DE DISEÑO DE LA MEZCLA SUPERPAVE REFERENTE AL TRÁNSITO**

Tránsito (ESAL)	Nivel	Requisitos de Ensayo
$ESAL < 10^6$	1	Diseño volumétrico.
$10^6 < ESAL < 10^7$	2	Diseño volumétrico + ensayos de predicción de desempeño.
$10^7 < ESAL$	3	Diseño volumétrico + aumento de los ensayos de predicción de desempeño.

Fuente: DELGADO, Horacio [et al.]. *Influencia de La Granulometría en las Propiedades Volumétricas de la Mezcla Asfáltica [en línea]*. Publicación técnica No 299, Instituto Mexicano del Transporte, 2006. [fecha de consulta: 15 de abril de 2018]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt299.pdf>

En el nivel 1, se hacen básicamente estimaciones volumétricas de la mezcla asfáltica una vez seleccionados los materiales y la gradación de los agregados propiamente dicho.

En el nivel 2, se hacen ensayos para comprobar los aspectos a favor de la mezcla, como ensayos de Fatiga, Ahuellamiento, Textura de la superficie, etc.

En el nivel 3, se hace que se conserva el mismo boceto de trabajo que el nivel 2; pero, la información recopilada para establecer los resultados de los ensayos es más correcta. a proyectarse.

#### **2.3.20.1 La Granulometría SUPERPAVE.**

Respecto a la granulometría Superpave es transformado el enfoque de la granulometría Marshall, emplea el exponente 0.45 en la carta de granulometría (gráfica de Fuller). La mencionada carta utiliza una técnica grafica para brincar la repartición de tamaño de acumulados de las mezclas de agregados. Siendo aquello las ordenadas el porcentajes que pasan; mientras que las abscisas en escala aritmética que conforman las rajas de los tamices en mm, elevadas a la potencia 0.45.

#### **2.3.20.2. Mecanismos de Control de la Granulometría SUPERPAVE.**

Se especula que mecanismo de control de la granulometría de los agregados, que son los siguientes:

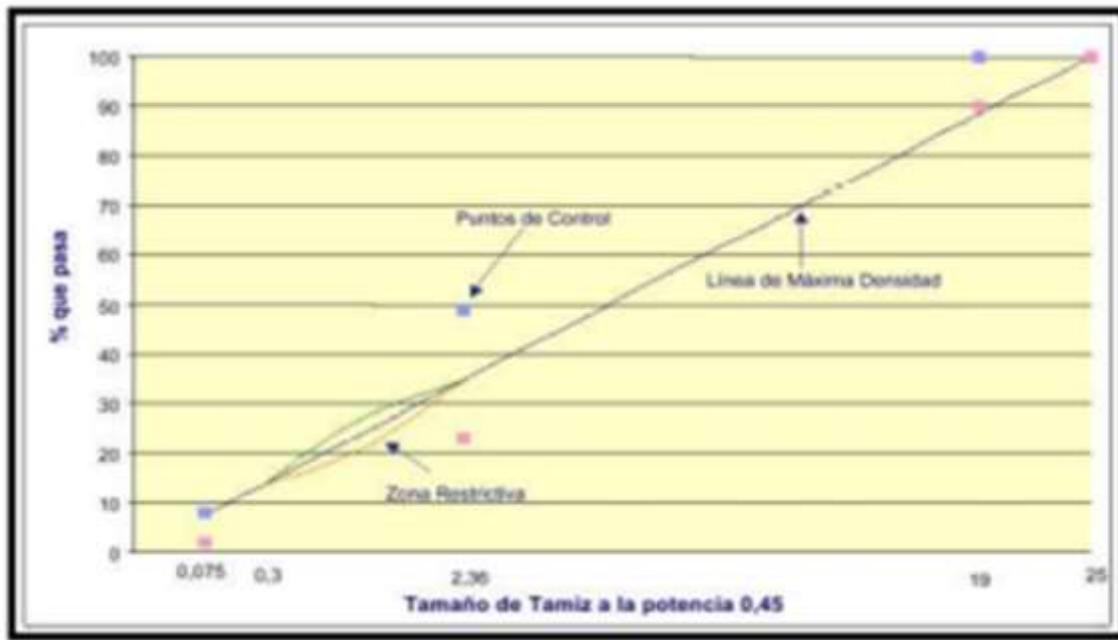
**2.3.20.2.1. Los puntos de control.** Forma aquellos puntos de vía inevitable para la curva granulométrica y penden del tamaño máximo nominal del agregado, un tamaño intermedio (2.36 mm) y un tamaño de finos (0.075 mm).

### 2.3.20.2.2. La zona restringida.

Se sitúa entre los tamaños intermedios (4.75 ó 2.36 mm) y 0.3 mm. Forma una banda donde la curva granulométrica no corresponderá pasar. Las granulometrías que transgreden la zona restringida ostentan un esqueleto granular débil que depende excesivo de la rigidez del cemento asfáltico para alcanzar una buena con resistencia al corte en la mezcla asfáltica. La Figura 6, muestra el esquema de Representación de los Requisitos de gradación en el Diseño Superpave.

**FIGURA 6.**

**ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LOS REQUISITOS DE GRADACIÓN DEL DISEÑO  
SUPERPAVE**



Fuente: (MTC, 2013)

Los valores de las cuantificaciones: puntos de estudio y zona restringida, están establecidas en las tablas 423-04 y 423-05 en el manual de Carreteras; EG-2013 y en ellas se establece las graduaciones del método superpave para agregados de tamaño máximo nominal 19mm (ver Figura 23) y 25 mm respectivamente (ver tabla 16)

**TABLA 14. GRADUACIÓN DEL TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DE 19MM DE LOS AGREGADOS**

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Fórmula de Mezcla	Tolerancia (**)
	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo		
25		100,0	100,0				
19,00	100,0	90,0	88,4				
12,50			73,2				
9,50			59,6				
4,75			49,5			*	(6)
2,36	49,0	23,0	34,6	34,6	34,6	*	(6)
1,18			25,3	22,3	28,3		
0,60			18,7	16,7	20,7	*	(4)
0,30			13,7	13,7	13,7	*	(3)
0,15			10,0				
0,075	8,0	2,0	7,3			*	(2)

Fuente: Tabla 423-04 Fuente: Tabla 423-04 (Manual de Carretera; EG-2013) 1.12.19

### 2.3.21 Ahuellamiento

Se describe que el ahuellamiento es un tipo de falla que se origina en pavimentos asfálticos, el cual está en un hoyo acanalado por la huella de circulación de los vehículos. Se produce en pavimentos asfálticos sometidos a una miscelánea y elevados niveles de tránsito, tráfico pesado y/o lento y altas temperaturas de servicio. (Thenoux Z., et al., 2002)

De igual manera Botasso H. G. et al. (2010 pp. 1-12) definen que:

“El ahuellamiento o deformación permanente es un ejemplar de deterioro que se produce en correspondencia con la huella de circulación de los vehículos con cada aplicación de carga y está representada por la acumulación de pequeñas deformaciones verticales que son irrecuperables.”

#### 2.3.21.1 Las Causas del Ahuellamiento.

Que se puede citar las causas del ahuellamiento, Nieto J., Rebollo O. (2009, p. 156), nos dice que:

“El ahuellamiento se puede originar por varias razones: propiedades deficientes de los materiales que componen el paquete estructural, propiedades volumétricas erróneas y por las solicitudes sobre la estructura debidas al tránsito y las condiciones climáticas (altas temperaturas, cargas pesadas, bajas velocidades de circulación, etc.).”

Por otro lado, Harrigan (2011, p. 7), menciona que: “otra forma de generarse este tipo de falla es durante el frenado de los vehículos, ya que producen fuerzas laterales causando deformaciones excesivas.”

## CAPITULO 3. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA

### 3.1 *Nuestra Participación en la Empresa*

Ingresamos a la empresa por recomendación de un compañero de estudio, como contábamos con nuestro grado alcanzado como bachiller pudimos involucrarnos al plantel técnico de la empresa,

En calidad de bachilleres hemos participado en varias obras que ejecuto la empresa Montalvo Constructora y Consultoría E.I.R.L., como en obras públicas y privadas dentro del territorio nacional que se detalla en las siguientes figuras 7,8,9 y 10. Las funciones como bachiller en ingeniería civil, fueron en campo y gabinete lo que nos permitió adquirir conocimiento sobre los proyectos que viene ejecutando la empresa, inmediato a ello nace la observación en control de calidad, la evacuación de los trabajo porque se hace mejoramiento en las infraestructura vial, frente a ello teniendo las pistas dañadas con presencia de ahuellamiento, piel de colodrillo, etc. Por la que nace la idea de buscar la solución “aplicación del caucho en el diseño de pavimento asfaltico superpave TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta callao-2021. Hay muchos trabajos e investigaciones sobre la incorporación de caucho en el asfalto, Macedo y Alejandro, (2020, p. 176), menciona que:, “La incorporación de 0.5% de caucho a temperaturas de 150°C, 160°C, 165°C y 170°C, con a una dosificación del 5.5% de asfalto mediante el proceso de vía seca genera que la presencia de vacíos con aire logre un incremento menor al 30%, lo cual permite una compactación extra al recibir tráfico”. Nosotros buscamos mejorar con proporciones de 0.5%,1% y 1.5% de caucho respectivamente en un asfalto convencional, para lo cual nos basamos llevando al laboratorio.

La empresa no hace estudios ni ensayos de laboratorio `por tanto nos vimos obligados a contratar a la empresa INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS SAC., Precedido

por el ingeniero, Darwin Gabriel Castillo Neyra, CIP N<sup>a</sup> 243518, donde pudimos participar activamente en todo el procedimiento referente a los trabajos de laboratorio, en los ambientes de la Empresa DHELEAL SAC. Como se muestra en las figuras N°: 25, 27, Y 33.

Durante los trabajos realizados en diferentes proyectos con la empresa, fuimos adquiriendo experiencias de ciertas técnicas y habilidades, como trabajo en coordinación y en equipo con enfoque de seguridad y vio seguridad en el contexto de la pandemia y compromiso con el medio ambiente.

Las enseñanzas adquiridas en la Universidad Privada del Norte fueron eficiente y suficiente para poder desenvolvernos en las diversas obras y puntualmente es mencionar en tema de pavimento.

A detallar el logro de los trabajos que nos llamó la atención es en mitigar la deformación permanente y la fatiga de la pista en la avenida Gambetta. Para lo cual proponemos en usar caucho desmenuzado en nuestro diseño.

Cabe mencionar que seguimos trabajando en la empresa Montalvo Constructora y Consultoría E.I.R.L, en diferentes proyectos a nivel nacional.

**Figura 7.**Construcción de Pavimento de la Av. Malecón Lurín en el distrito de Cieneguilla



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8.**Construcción de Pistas en JR. Velasco San Martin de Porras



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9. Obra: Pistas y Veredas Consorcio Ramon Castilla- Dist. De Comas**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 10. Construcción de Muros en el Barrio Casa Huerta del Distrito de Santa Eulalia**



Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Personal de la Empresa

#### GERENTE GENERAL

- o Lis Yudit Montalvo Soto.

#### ASESOR LEGAL

- o Adm. Salomón Vásquez Rojas.

#### SECRETARIA

- o Srta. Diana Lizeth Callirgos L.

#### DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD

- o Cont. Wendy Talledo Campiam.

#### DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION

#### DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

O Ing. Roberto Julian Llaja Tafur

O Ing. Julio Fernando Calizaya Luna

O Ing. Julio Cesar Olazabal PDEPARTAMENTO DE OBRAS

O Ing. Hildorfo Llaja Torrejon

O Ing. Marco Antonio Quipuscoa Rubio

O Ing. Alcides Benavente Ramirez

O Bachiller Joseph Tucto Inga

O Bachiller José Ángel Cárdenas Huamán

### 3.3 Realidad Problemática.

A nivel internacional el mantenimiento y la construcción de carreteras, autopistas de pavimentación de las avenidas y calles, fueron afectados por fallas debido al uso, desgastes, que afectaba a los usuarios. Se realizó diseños en los pavimentos asfalto con un agregado de caucho molido, en trozos el cual tuvo resultados satisfactorios como fue comprobado por Vázquez (2015), asimismo, se realizó una serie de investigaciones que aportaron a la construcción de pavimentos asfaltico. De acuerdo con Flores (2017), en sus investigaciones que se realizó comprobó que a través de la red se transporta el 90 por ciento del movimiento de pasajeros y el 70 por ciento del movimiento de carga, lo que ubica al transporte como una pieza fundamental para el desarrollo de la economía de los países y por ello la inversión en este rubro es un tema básico para incrementar la calidad de vida de la población y así brindar competitividad a los países. Por lo que es fundamental tener las carreteras, autopistas, sin fallas con mayor resistencia. Queremos resaltar que para este trabajo hemos tomado en cuenta estudios realizado con anterioridad, en esas investigación han trabajado con un porcentaje 0.5%, 1.0 % 1.5% de caucho molido, por vía seca, el mismo que queríamos corroborar si estos porcentajes pueden mitigar la deformación permanente del pavimento asfaltico.

En Lima y Callao se apreció similares problemas respecto a los pavimentos, las fallas que se presentan son reparables se hizo un lastrado, luego volver a rehacer la capa del pavimento asfáltico diseñado con una influencia de caucho en un diseño asfáltico con gradación superpave. Estos casos mayormente son causas debido al transporte pesado que circula por las calles de Lima y Callao. La estadística -Infraestructura de transportes- Infraestructura vial, los Archivos del 29 de mayo de 2020 de MTC. Fuente: GTT (PVN, PVD, DGPPT Y OGPP) - 31.

dic.2019, red vial existente del sistema Nacional de Carreteras, según departamento: 2010-2019. Total, de infraestructura vial existente entre pavimentada y no pavimentada la suma total de 168953.9 kilómetros, de las cuales están pavimentadas en Nacional un total de 22172.5 km Pavimentadas y 4881.2 km no pavimentadas, departamental 4261.3 km pavimentadas y 23378.3 km no pavimentadas, vecinal1 total 2335.8 km. Pavimentadas y 111924.7 km no pavimentadas; Lima cuenta con un total de 7546.7 km. Entre pavimentadas y no pavimentadas, para Callao 52.1 km en total entre pavimentadas y no pavimentadas, según: CLETO SALIN CUNO TICONA (0000-0001-6806-2847) IVO CLINTON GUTIERREZ MAMANI (0000-0003-4318-6434) VICTOR RAUL TAPARA SAYA (0000-0002-6646-1307)-202, las infraestructuras viales como intersecciones, avenidas, calles y entre otros, son insuficientes e inadecuadas, lo que conlleva a la necesidad de mejoramiento y/o rediseño de las mismas. En los puntos críticos de los distritos de Lima y Callao el 71% de las pistas están en mal estado presentando baches y grietas, solo el 12% de los semáforos presentan una instalación adecuada, el 35% no presenta señalización vertical y el 31% de los cruces peatonales no se encuentran señalizadas.

En la Av. Gambetta, en la provincia del Callao se observó en el pavimentos flexibles fallas de tipo funcional o de tipo estructural con presencias de deterioros ya sea por envejecimiento temprano, ahuellamiento, Hundimiento, grietas, fisuras longitudinales, fisuras en bloque o piel de cocodrilo, desplazamiento, etc., gran parte de la vía esto a causa de los esfuerzos de flexión, compresión, tracción, cortante y que ejercen la circulación de vehículos pesados con cargas , que circulan a diario y al pavimento ocasionándole fuertes deformaciones en su estructura. En épocas de invierno las bajas temperaturas con humedad relativa al 94% y en verano con temperaturas mayores a 28 á 30° C, durante el día. Haciendo que el pavimento

sea susceptible a las deformaciones permanentes. podríamos decir que el diseño de mezcla asfáltica no cumplía con la vida útil para la cual fue diseñado, por lo que realizamos una investigación experimental, y comprobamos hipótesis, mediante las pruebas de laboratorio realizando una mezcla asfáltica modificada con caucho desmenuzado, así contribuir en la solución de la superficie de rodaduras de pavimentos. En pavimentos flexibles modificados comprobamos que la modificación con polímeros naturales (caucho) favorece las propiedades físicas y geológicas (esfuerzo y deformación), esto ayuda a disminuir bastante la susceptibilidad a los cambios de temperatura, es impermeable a la humedad y favorece para aumentar el tiempo de oxidación. Algo importante de considerar es que aumenta su resistencia a la deformación y de esta forma disminuyen la cantidad de agrietamiento en la superficie de la carpeta asfáltica. Carrasco (2014), menciono que un diseño de mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS contribuye en la parte estructural con respecto a lo que usualmente se construye en carreteras, para mejorar la durabilidad del pavimento. Es muy importante considerar que con solo cambiar un ligante modificado a una mezcla asfáltica normal se cambian sus propiedades.

En el presente estudio demostramos que el 0.5%, 1.0 % 1.5% influyen en la mejora del desempeño de las mezclas asfálticas y mitiga la deformación permanente del pavimento asfáltico, Con el presente trabajo buscamos contribuir con el diseño de mezcla asfáltica modificada con caucho con un porcentaje de 0.5%, 1.0 % 1.5% contribuye en la parte estructural con respecto a lo que usualmente se construye en carreteras, esto tiene como finalidad de mejorar la durabilidad del pavimento, es muy importante considerar que con solo cambiar un componente (caucho) puede modificar a una mezcla asfáltica normal se cambian sus propiedades. Se realizaron diseños de pavimento asfáltico con agregados de cauchos desmenuzados hasta obtener el diseño requerido, para moldear las muestras que fueron sometidas a los diferentes ensayos de desempeño, que

demonstraron el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas puesto en estudio. Con este estudio se contribuyó con el medio ambiente, el cual en las últimas décadas se encuentra afectado seriamente.

Se considera también como un agente nocivo a los pavimentos asfálticos los que hacen ocasionar fallas: agrietamientos , ahueamientos, también llamados deformaciones permanentes por factores climatológicos debido a las diferentes regiones naturales y cambio de estaciones de las mismas, según : HUAMAN (2016) menciona que: El clima en algunas zonas del país y otras causas afines conlleva a que se presenten deterioros prematuros en el pavimento siendo una causa de ello la falla de deformación permanente, la cual consiste en irregularidades en el perfil longitudinal y transversal del pavimento, esta falla no solamente se presenta en la capa de rodadura sino también puede darse en las distintas capas que conforman el pavimento y muchas veces comprometiendo la subrasante, por tanto muchas veces la falla de deformación permanente puede ser de tipo funcional o estructural.

### 3.4 Justificación del trabajo

El reciente trabajo buscamos contribuir con las pistas del Callao, mediante la modificación de mezclas asfálticas para reducir la mitigación mediante la incorporación de caucho en un porcentaje del 0.5%, 1% 1.5% en una nueva tecnología y alternativa para la solución de problemas en las propiedades físicas y mecánicas del asfalto convencional, la implementación de caucho en un diseño asfáltico con gradación superpame TNM 19 mm en la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta 2021, al trascurrir del tiempo, estas propiedades disminuyen su vida útil como consecuencia a la exposición de factores climáticos por altas temperaturas, humedad y elevados niveles de tránsito, presentando problemas de deformación, fatiga y otros.

El estudio demostró a las empresas y público en general que implementando caucho en el diseño asfáltico va a mejorar las deformaciones ocasionadas por la rodadura de vehículos, por desconocimiento de la población constructora en el tema, factor económico, o investigación de la ingeniería, etc.

Plantearemos como mejorar el caucho en un diseño asfáltico con gradación superpame TNM 19 mm en la deformación permanente y fatiga y controlar deformaciones de manera segura, rápida y económica. Este estudio tiene el propósito de ahorrar y disminuir tiempo de viaje en los usuarios, además, contribuiremos con la mitigación del medio ambiente en nuestro País.

#### ***3.4.1 Justificación Teórica:***

La investigación se encuentra teóricamente justificada puesto que se ha revisado y estudiado a los principales estudios en el tema, referidos caucho en un diseño asfáltico con gradación superpave tmn 19 mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta. Es decir, se cuenta con el suficiente respaldo teórico y doctrinal sobre el tema investigado, lo cual le otorga respaldo argumentativo, explicativo y temático al trabajo como a los ensayos. Esto mismo otorgará la base para plantear y argumentar orientaciones teóricas que permitan seguir comprendiendo el fenómeno investigado. Debemos precisar que en el presente trabajo por suficiencia profesional, tomamos en cuenta los estudios anteriores y comprobar de acuerdo al porcentaje utilizado de un 5%, 1% 1.5%, el cual fue un referente para este trabajo para poder confirmar dicha si el caucho influye en la resistencia y mitigación del pavimento asfáltico, para lo cual se revisó una serie de investigaciones referidos a la variable de estudio

Finalmente, el presente estudio tiene el propósito de contribuir con algunas propuestas prácticas para mejorar caucho en un diseño asfáltico y de esa manera fortalecer el bien común y aportar con el medio ambiente en nuestro planeta.

### ***3.4.2 Justificación Práctica.***

El estudio se encuentra justificado en la práctica pues será de utilidad para los usuarios de las carreteras al interior de nuestro país. Este estudio buscó determinar influencia de caucho en un diseño asfáltico con gradación superpave tnm 19 mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta, a fin de que implementen las recomendaciones que se formulen, las cuales serán obtenidas a partir del trabajo de campo, revisión y análisis de las fuentes documentales, experimentos de laboratorios en la empresa CONSTRUCCION DE PAVIMENTO en la Av. Gambetta. Para dicho trabajo de investigación se realizó análisis de laboratorio, donde demostramos que el porcentaje de 5%, 1.5% de caucho molido influyen en la mejora del desempeño de las mezclas asfálticas del pavimento dándole énfasis a la flexibilidad y durabilidad al pavimento asfáltico y que mitiga la deformación permanente.

### ***3.4.3 Justificación Metodológica:***

En cuanto a la Justificación metodológica, el estudio se ha desarrollado siguiendo una trayectoria metodológica, la cual ha permitido delinear y delimitar los alcances metodológicos de la investigación, nos referimos por ejemplo al diseño de estudio, tipo de investigación, enfoque, técnicas de recolección de datos, aspectos éticos.

Finalmente, este estudio contribuirá a las futuras investigaciones con los instrumentos de ambas variables y fomentará la investigación referida al tema de la aplicación del

caucho en un diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave tnm 19 mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta, distrito de Ventanilla-Callao, en nuestro país.

### 3.5 Formulación del problema

#### 3.5.1 Problema general

¿De qué manera, la aplicación del caucho puede mejorar el diseño de pavimento asfáltico superpave tnm 19mm permitirá mitigar la deformación permanente y fatiga de la av. Gambetta – Callao?

#### 3.5.2 Problemas específicos

Problema específico 1

¿Cómo influye la aplicación de caucho en el comportamiento físico-mecánico del diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm?

Problema específico 2

¿Cómo influye la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga?

Problema específico 3

¿Cuál es la influencia de la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mejorar la resistencia a la tensión indirecta y daño por humedad inducida?

### 3.6

## Objetivos

### 3.6.1 *Objetivo general*

Determinar la influencia de la aplicación del caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta- Callao.

### 3.6.2 *Objetivo específicos*

#### Objetivos específicos 1

Determinar la influencia de la aplicación de caucho en el comportamiento físico-mecánico del diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm.

#### Objetivo específico 2

Evaluar la influencia de la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga.

#### Objetivo específico 3

Evaluar la influencia de la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mejorar la resistencia a la tensión indirecta y daño por humedad inducida.

### 3.7

## Hipótesis

### 3.7.1 *Hipótesis general*

La aplicación del caucho influye en el diseño pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la avenida Gambetta- Callao.

### 3.7.2 *Hipótesis específicas*

#### Hipótesis específica 1

La aplicación de caucho mejora el comportamiento físico-mecánico del diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm.

#### Hipótesis específica 2

La aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm mitiga la deformación permanente y fatiga.

#### Hipótesis específica 3

La aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm mejora la resistencia

### 3.8 **Tipo y diseño de investigación**

Según Sánchez y Reyes (2013), El tipo de investigación aplicada es también conocida como constructiva o utilitaria, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ellas se deriven, se puede decir que la investigación aplicada busca conocer para hacer para, actuar para construir y para modificar.

- Le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal podemos afirmar que la investigación aplicada por ser una puesta en práctica del saber científico constituye el primer esfuerzo para transformar los conocimientos científicos en tecnología. En el presente estudio se consideró como tipo de investigación aplicada, porque buscamos modificar las variables y determinar su influencia en la variable dependiente e independiente. Dicho de otra manera, este estudio busca determinar

la influencia del caucho en el diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y la deformación permanente y fatiga.

De acuerdo con Velásquez y Rey (2013), el nivel explicativo causal es reconocida por la peculiaridad que tiene de preguntarse que tiene el investigador, referido a la causa y efecto de cada variable, es decir, que el presente estudió busco la influencia del caucho en un diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y la deformación permanente y fatiga, por lo que en este trabajo de investigación se consideró como nivel explicativo causal, porque buscamos la causa y efecto de la variable dependiente e independiente.

Hernández (2006), El diseño experimental es un estudio en el que se manipula deliberadamente uno o más variables (independientes), con un objetivo de anhelos de analizar su efecto sobre otras (dependientes), en otras palabras, la determinación de las relaciones de causa y efecto en el marco de una situación controlada de sus usos elementos principales el diseño experimental se basa en el esquema lógico.

Dos grupos que resultan iguales en sus características relevantes y por posteriormente se diferencia mediante la introducción de uno de ellos del estímulo variable independientes siendo la lógica decisiva observa diferentes resultados valores diferentes en la variable dependiente esto se deriva de dicho estímulo. En el presente estudio se consideró el diseño experimental porque se busca la influencia de la variable independiente en la dependiente, con esto queremos decir, que el estudio analizó la influencia del caucho en un diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y la deformación permanente, fatiga y la resistencia de mezcla asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, para lo cual se realizó un experimento en laboratorio, conviene subrayar que se diseñó el pavimento asfáltico de manera empírica.

Según Hernández (2006), el método hipotético deductivo es un proceso que debe de seguirse en un estudio. En el presente trabajo se planteó como objetivo analizar la influencia del caucho en un diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y la deformación permanente y fatiga, es necesario recalcar que, en el presente trabajo se realizó el trabajo de campo, para la recolección de datos y luego se analizó en un laboratorio.

Hernández (2010) cuantitativo, en la cual buscamos medir la problemática de la realidad de la investigación mediante cuadros estadísticos u otros medios, dicho de otra manera, se determinó la influencia del caucho en un diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y la deformación permanente y fatiga. Asimismo, se probará hipótesis de dicho estudio.

### **3.9 Muestra, muestreo y población (técnicas de recolección e instrumento)**

#### **3.9.1 *Población.***

Sánchez y Reyes (2006), refirió que la población está conformada por un conjunto de elementos o personas, los mismos que concuerdan con una serie de especificaciones. Para el presente trabajo de investigación se ha considerado como población referida a analizar la pista y pavimento debilitado deteriorados ya sea por envejecimiento temprano, ahuellamiento, Hundimiento, grietas, fisuras longitudinales, fisuras en bloque o piel de cocodrilo de la AV. Gambeta Callao -Perú, el mismo que tiene un tamaño de ancho 260 mt, largo 136 mt dando un total del área 35,360 m<sup>2</sup>.

### 3.9.2 *Muestra.*

Sánchez y Reyes (2006), dijeron que la muestra es una cantidad representativa de la población, es decir, para este estudio se escogió como muestra una parte de la población que es el lugar de estudio ubicado en la pista y pavimento debilitado deteriorados, ya sea por envejecimiento temprano, ahuellamiento, Hundimiento, grietas, fisuras longitudinales, fisuras en bloque o piel de cocodrilo de la AV. Gambeta, Callao-Perú.

Las dimensiones del perímetro de la población total son de 136m x 260m lineales y un área total de 35,360m<sup>2</sup>. El cual es seccionados en diecisiete cuadrantes con dimensiones de 8 m x 26.0 m de un área total de 208.00 m<sup>2</sup>. A su vez se toma 6 muestras cada una en un área de 1 m<sup>2</sup> de la mencionada de la AV. Gambeta, Lima-Perú, se analizó de dos formas en proceso húmedo y seco, estas fueron en temperatura altas y bajas.

### 3.9.3 *Definición de Variables*

- Variable independiente, el caucho.

**VARIABLE DEPENDIENTE, EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO CON GRADACIÓN SUPERPAVE Y LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA.**

**TABLA 25. OPERACIONALIDAD DE LAS VARIABLES**

Variable	Definición conceptual	Dimensione	Indicadores
		S	
El diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y deformación permanente y fatiga	-Compuesto de ligante, usualmente el asfalto, el cual es un derivado de la refinación del petróleo, y agregados pétreos; materiales granulares y suelo. Este tipo de pavimento se llama Flexible porque al ser sometido a una carga sufre una deformación y recuperación deseada.	Deformación permanente	Pavimento flexible
			Cargas de tránsito
			Terreno natural
			Tipo de suelo
			La calidad estructural de capas
		Fatiga	
	-Pavimento asfáltico muestra deformaciones plásticas o permanentes, que se denominan ahueamientos, cuyas dimensiones		Estabilizada con cemento
			Riegos asfálticos

varían según el nivel de tráfico que soporta, la temperatura del clima, composición de las capas del pavimento.

Sellos de mezcla  
Sellos de fricción  
La resistencia a la tensión indirecta y daño por humedad inducida.

-El pavimento asfáltico resiste a la tensión directa generada por los vehículos y a la humedad a cambios bruscos del tiempo a diferentes temperaturas.

Partículas chatas y alargadas  
Agregados gruesos  
Contenido de sales solubles en agregados

Caucho	El caucho es un material, el cual	Modelo de	
	es obtenido a partir de las secreciones de tipo caucho	por	Forma de polvo
	lechosa, que son producidas por el árbol de caucho.	compresión	Forma de trozos
	La resina que se obtiene de forma natural del árbol se conoce con el nombre de látex	Modelo de	La deshumidificación
		caucho	por transferencia
			La diferencia que la materia prima se precalienta
			Transferida hidráulicamente

*Fuente: Elaboración propia*



### **3.9.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

**3.9.4.1. Técnica.** Sánchez y Reyes (2006), La técnica para recabar información de las variables de estudio que se denomina el diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y la deformación permanente y fatiga y el caucho, para la presente investigación aplicamos la técnica de observación, dado que se define como una percepción intencionada e ilustrada de un hecho; intencionado se hace con un objetivo; ilustrada porque va guiada de algún conocimiento científico.

La observación es un hecho de las realidades, significa que, en la aplicación de esta técnica, los investigadores registran lo observado, mas no interroga a los individuos involucrados en el hecho o fenómeno social; es decir, no hace preguntas, orales o escrita, que le permitan obtener los datos necesarios para el estudio del problema. En el presente estudio se observó la influencia de caucho en un diseño de pavimento asfáltico para mejorar la deformación permanente y fatiga, para lo cual se realizó trabajo de campo y se analizó en un laboratorio donde se diseñó el pavimento con la inclusión de caucho en trozos o molido.

**3.9.4.2. Instrumento de recolección de datos.** Según Hernández (2010), el instrumento es un método para la recolección de datos. En el presente trabajo de investigación se utilizó dispositivos mecánicos, para medir las variables denominadas el diseño de pavimento asfáltico con gradación superpave y la deformación permanente y fatiga, y el caucho. Tales instrumentos son los siguientes: balanza, bolsa de polietileno, baldes de plástico, plumones, formato de ensayos de laboratorio, sujetos al manual de ensayos y materiales del MTC, formatos del diseño Marshall (ASTM D 1559, formato de lavado asfáltico y análisis granulométrico y formato de ensayo de rueda de Hamburgo (AASHTO T 324).

**TABLA 16. TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LAS INFORMACIONES**

Mezcla Asfáltica con gradación TNM 19 mm	Agregados Pétreos SUPERPAVE	Formato para recolección de muestras de acuerdo con el Manual de Ensayos y Materiales según MTC.	Para ensayos mecánicos, químicos y la calidad de los agregados a usar en gradación	Para los ensayos físicos y fatiga y extiende la vida útil del pavimento	Mejorar la deformación permanente y fatiga y extiende la vida útil del pavimento
propiedades Volumétricas	Formatos del Diseño Marshall (ASTM D 1559)	Se elaborará el diseño Marshall para incorporación del caucho medir las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica con granulometría	Con la incorporación del caucho para reducir las deformaciones volumétricas de la mezcla asfáltica con granulometría	la incorporación del caucho para reducir las deformaciones volumétricas de la mezcla asfáltica con granulometría	la incorporación del caucho para reducir las deformaciones volumétricas de la mezcla asfáltica con granulometría

---

SUPERPAVE TNM

19 mm. Más la  
incorporación de  
caucho.

aglomerantes Formato de se realizará los Obtención de  
Lavado Asfáltico y ensayos de control de resultados  
Análisis Granulométrico lavado asfáltico en la  
etapa de diseño con  
gradación

SUPERPAVE TNM

19 mm

Deformación Proceso de diseño Formato de Se evaluará por Reducir la  
permanente y fatiga mitigar la deformación Ensayo marshall desempeño la Mezcla deformación permanente  
Asfáltica con y fatiga.

---

permanente y fatiga en la carpeta Asfáltica	granulometría		
	SUPERPAVE TNM		
	19 mm, para medir la deformación		
Ensayo estándar para la resistencia de mezcla asfálticas compactadas al ensayo estándar para la daño inducido por humedad	Proceso de diseño de resistencia de mezcla asfáltica compactada al daño inducido	Formato de ensayo lottman	permanente y fatiga. Obtener el valor de la Razón del esfuerzo a la tensión – TSR.

---

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.5 *Confiabilidad*

Según Hernández, Fernández y Baptista describe lo siguiente:

Un instrumento de medición es confiable depende al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. En el trabajo de suficiencia profesional la investigación es totalmente confiable, tanto la recolección de datos y su diseño que buscamos mitigar la deformación permanente y fatiga buscando reducir el ahueamiento, y el diseño es elaborado con únicos los parámetros de diseño del método Marshall y Granulometría SUPERPAVE TNM 19 mm, más la incorporación del caucho y que el resultado sea evaluado de acuerdo al MTC, empleando equipos debidamente calibrados. Para la realización de los respectivos ensayos de esta investigación se llevando muestras al laboratorio certificado que cuenten con certificados equipos calibración que practiquen con los estándares nacionales e internacionales de pesos y medidas, todo para afirmar la confiabilidad de los resultados que se obtengan.

**3.9.6. Aspectos éticos:** los Bachilleres responsable de este trabajo de suficiencia profesional han respetado la autoría de diversos autores, que se tomaron los sustentos de toda la investigación respetando sus pensamientos y análisis. El resultado de este trabajo y respetuosos de las alineaciones de investigación con forme el lineamiento de la Universidad Privada Del Norte

## CAPITULO 4. LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

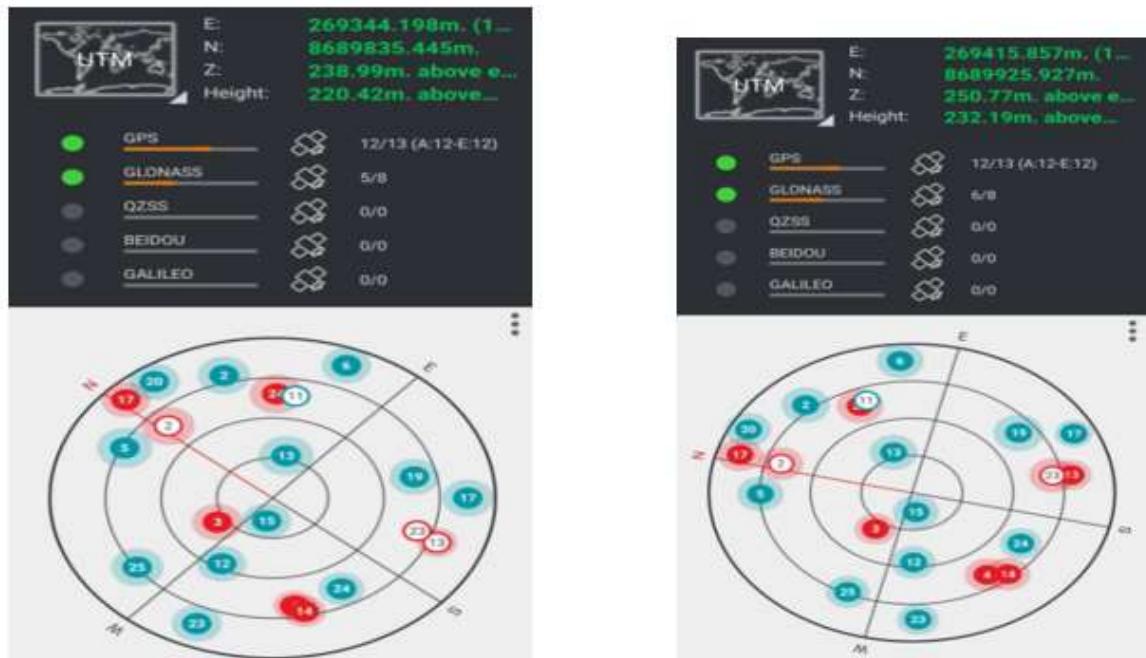
### 4.1. Ubicación de la evaluación del asfalto dañado

El presenta trabajo de investigación de suficiencia profesional sobre la “aplicación del caucho en el diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta-Callao-2021” La evaluación del asfalto dañado dio ínsito la av. Gambetta, localizaos en las coordenadas UTM:

E= 269344.198, N= 8689835.445, Z= 238.99 y E = 269415.857, N = 8689925.927, Z= 250.77

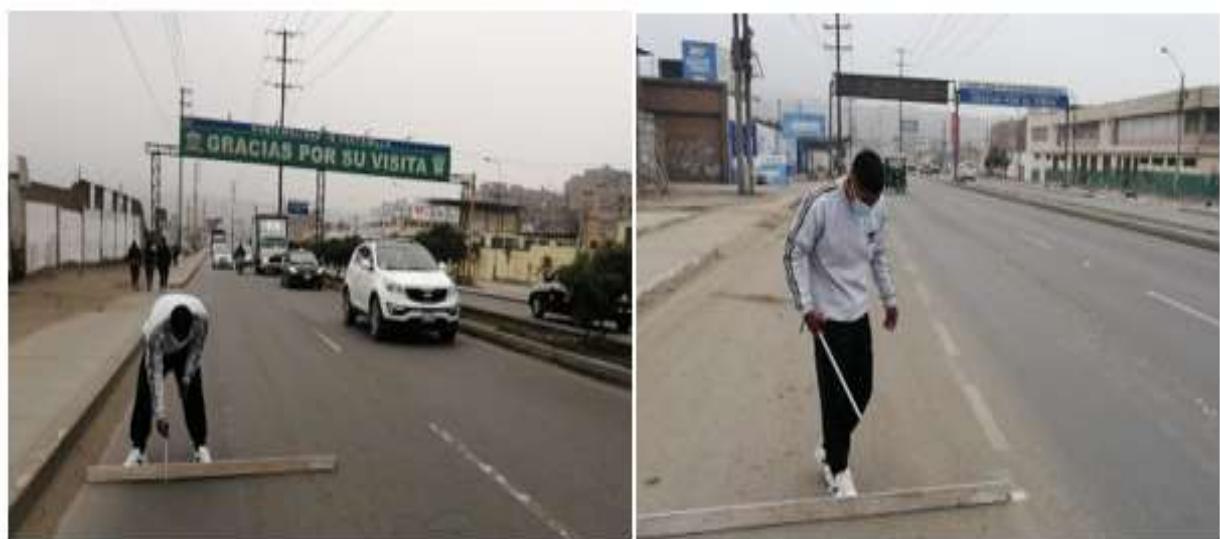
Que comienza en el intercambio vial de zapallal de la carretera panamericana Norte y termina en el ovalo centenario en el Callao. Uniendo los distritos chalacos de Ventanilla Callao- pero hemos tomado un tramo puntual de 1650 metros lineales localizados en las coordenadas capturadas con un gps navegador marca GERMAN arrojando las siguientes figuras. (Ver figura 11.)

**Figura 11. Coordenadas UTM de la zona escogida**



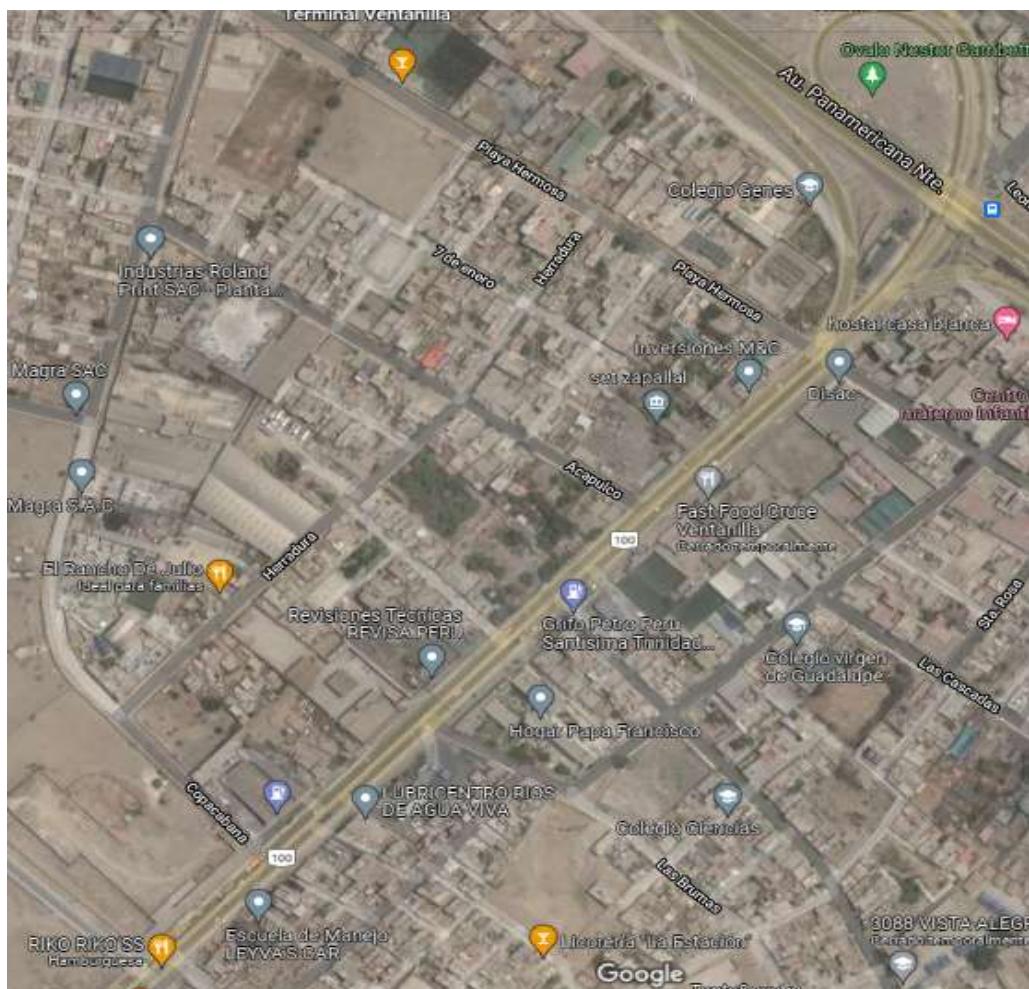
Fuente: Elaboración propia

**Figura 12. Inicio REFERENCIA (Intercambio vial de Zapallal) y fin (ovalo centenario en el Callao) de la zona escogida**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13. Vista Satelital de la Zona Escogida**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2 La Área Intervenida

En el punto donde se intervino es a los inicios de la avenida Nestor Gambetta. A ambos carriles, donde se encontró las deformaciones permanentes (ahuellamientos, piel de cocodrilo, etc.) y por fatiga. Una previa evaluación del estado actual en lo que se Encuentra el pavimento, se puede apreciar determinación del contenido de cemento asfáltico, se medirá el desnivel del ahuellamiento usando una regla de 3 metros y flexómetro (huincha), indicar también que el alto transito causa congestión y molestia para la evaluación de la carpeta por la que se tiene que desviar el transito con conos de seguridad y señalizaciones.

#### **4.2.1. Los Procedimiento de Evaluación del Pavimento Deteriorado por Ahuellamiento en EL Área de Intervención.**

Se hace una visita a campo para tomar las muestras y finalmente pudiendo determinar las medidas con la siguiente tabla 17

**TABLA 17. SE CONSTRUYE LA SIGUIENTE TABLA DE RESUMEN DE EVALUACIÓN**

Progresivas		Descripciones		Dimensiones		Recomendaciones
Inicio	Final			De	Hasta	
0+250	1+200	Ahuellamiento		0 mm	6 mm	Lo que no requiere de tratamiento
1+500	2.+200	Ahuellamiento		25 mm	50 mm	Requiere dar importancia y hacer el tratamiento

*Fuente: Elaboración propia*

-Se encuentro dentro nuestra observación Ahuellamiento de 0 a 6 mm, en las progresivas 0+250 hasta 1+200, lo que no requiere de tratamiento.

- En las progresivas 1+500 hasta la 2+200 Ahuellamiento entre 25-50 mm, se requiere tratamiento de la parte superficial de pavimento lo cual permite reponer la rasante.

- Ahuellamiento mayor de 50 mm requiere evaluar la parte estructural del pavimento

Los materiales para dar realcé fueron: una regla de tres metros, una wincha de 5 metros.

Se comienza a recolectar los datos necesarios para el estudio, longitud, ancho y altura del ahuellamiento en el área afectada (ver Figura 14).

**Figura 14. Toma de Datos Iniciales en la Zona Elegida**



Fuente: Elaboración propia

Después de las evaluaciones en campo y sabiendo que el método convencional de diseño de asfalto en el Perú, realizamos el procedimiento de diseño en el laboratorio.

#### **4.3. Procedimiento de Ejecución del Diseño del Pavimento Convencional por Método Marshall.**

Seleccionar los materiales en las rumas de los almacenes de la planta asfáltica, para luego llevar al laboratorio.

A continuación, se explica que para evaluar el desempeño de la mezcla asfáltica en caliente (M.A.C.) elaborado en el método Marshall con granulometría SUPERPAVE, 19 MM, se probaron con ensayo de rueda de Hamburgo para medir la resistencia al ahuellamiento y su fatiga. Y se evaluación mediante ensayos de caracterización física, mecánica y ensayos que

obedecen a la normatividad de las EG-2013. Como el Ensayo Estándar para la resistencia de mezcla asfáltica compactadas al daño inducido por Humedad.

Los agregados: las canteras Gloria, la empresa CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C. acopia en la actualidad para suministrar la producción de su Planta de Asfaltico, Los agregado fino y grueso cumplen con los requerimientos de la norma EG – 2013. La combinación de agregados produjo una granulometría dimensionada como mezcla densa tipo MAC-2, que cumple con la granulometría SUPERPAVE para tamaño nominal máximo 19 mm, además cumple con el HUSO GRANULOMETRICO D-5 establecida en la norma ASTM D-3515 y compensando en ambos casos las obligaciones granulométricas en nuestro territorio.

#### ***4.3.1 Los Ensayos a los Agregados***

**4.3.1.1 La Granulometría.** Para fijar el huso granulométrico, se realizaron ensayos granulométricos específicos de los agregados gruesos y finos. Se tiene dos arenas de distinto tamaño y origen: Arena desmenuzada  $<3/16"$  de la cantera Gloria y Arena desmenuzada  $<1/4"$  de la cantera Gloria, igualmente se tiene dos tipos de Grava triturada del mismo origen, la Grava Triturada TM  $3/4"$  y la Gravilla triturada TM  $1/2"$  ambas de la cantera Gloria. Cada tipo de muestra de agregados se le realizó la caracterización física mecánica mediante análisis granulométrico por tamizado de acuerdo con la norma MTC E-204. Así obteniendo una combinación granulométrica y luego hacer el diseño.

**4.3.1.2 El Procedimiento.** La elaboración del análisis granulométrico por tamizado se efectuó las siguientes maneras:

- . Elegir el grupo de recipiente o tamices para los tipos agregados (grueso o fino) a percibir.

- Para el agregado grueso se eligió los tamices al orden:  $\frac{3}{4}$ ", 1/2", 3/8", Nº4, Nº8, Nº10 y Base y para el agregado fino, los siguientes tamices: Nº4, Nº8, Nº10, Nº16, Nº30, Nº40, Nº50, Nº80, Nº100, Nº200 y Base.

- Se hace el cuarteo obteniendo una muestra de agregado y se coloca en bandejas, para su secado en el horno por tiempo de 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

- Cumplido las 24 horas se saca las muestras y se deja enfriar por 10 minutos

- Los agregados finos se consideran una muestra seca no menor a 300 gr, con la muestra seca se procede a lavar empleando el tamiz Nº 200 (abertura 0.074 mm), hasta que el agua de lavado sea cristalina. Luego el material retenido se coloca en un recipiente y se lleva al horno para su secado por 24 horas.

- Para el agregado grueso de acuerdo con su tamaño máximo nominal  $\frac{3}{4}$ " (19mm) se deberá considerar que la muestra a ensayar después de secar no será menor a 2 kg.

- El agregado fino lavado y retenido en el tamiz Nº 200 es sacado en horno y se deja enfriar; luego se pesa la muestra; así obtenemos el peso lavado y secado al horno.

- La muestra según el tipo de agregado (grueso o fino) ya pesadas se hecha por la parte superior de los tamices que fueron colocadas uno tras el otro de acuerdo con el tamaño de su abertura, luego se tapa la parte superior y se empieza a sacudir por un espacio de 10 min. Se debe tener cuidado de no perder material durante el zarandeo.

Luego se pesa el material retenido en cada tamiz según el tipo de agregado (grueso o fino) ensayado

*Figura 15. Muestras de los Agregados para el Análisis Granulométrico*



Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.2 Resultados de los Ensayos Granulométricos de los Agregados Gruesos, Finos.**

Los agregados fueron ensayados en el laboratorio de la Empresa Constructora Dheleal SAC, ubicados en la cantera Gloria en el distrito de Ate, Se detalla en las siguientes tablas 18 de resumen, los ensayos de certificación ver Anexo C:

*TABLA 18. RESUMEN GENERAL DE PROPIEDADES FÍSICA Y MECANICA DE LA MEZCLA DE AGREGADOS GRUESOS TM 1",  
CANTERA GLORIA*

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRIA % QUE PASA, POR TAMIZADO								HUM.
		1"	3/4"	½"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº10	<Nº10	
02/08/2021	Gloria	100	46.5	7.4	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.93
02/08/2021	Gloria	100	53.0	8.9	3.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
02/08/2021	Gloria	100	76.8	28.6	13.1	0.7	0.3	0.2	0.0	0.2
02/08/2021	Gloria	100	74.1	25.2	12.1	0.5	0.3	0.3	0.0	0.2
PROMEDIO		100	62.6	17.53	7.5	0.35	0.18	0.13	0.0	0.38

*Fuente: Elaboración propia*

*TABLA 19. RESUMEN GENERAL DE LAS PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS DE LA MEZCLA AGREGADO GRUESO TM3/4",  
CANTERA GLORIA*

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRIA % QUE PASA, POR TAMIZADO								HUM.
		1"	3/4"	½"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº10	<Nº10	
02/08/2021	Gloria	100	100	62.8	23.9	0.3	0.1	0.0	0.0	0.2
02/08/2021	Gloria	100	100	63.3	27.4	0.4	0.3	0.2	0.0	0.3
02/08/2021	Gloria	100	100	80.1	50.8	4.9	0.4	0.3	0.0	0.3
02/08/2021	Gloria	100	100	79.4	50.2	3.8	0.2	0.1	0.0	0.4
PROMEDIO		100	100	71.4	38.08	2.35	0.25	0.15	0.0	0.3

*Fuente: Elaboración propia*

*TABLA 20. RESUMEN GENERAL DE PROPIEDADES FISICOS- MECÁNICAS DE LA MEZCLA DE AGREGADOS FINOS TM1.  
CANTERA GLORIA*

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRIA % QUE PASA, POR TAMIZADO										HUM.
		3/8"	Nº 4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	0	Nº10	Nº20	<Nº20	
02/08/2021	Gloria	100	97.	71.0	46.9	31.3	22.5	0	16.3	12.8	0.0	1.7
02/08/2021	Gloria	100	98.	69.2	42.8	28.0	19.4	14.3	11.0	0.0	0.0	0.8
02/08/2021	Gloria	100	97.	69.3	44.5	29.6	20.8	15.4	11.5	0.0	0.0	0.6
PROMEDIO		100	97.	69.83	44.73	29.63	20.9	15.33	11.77	0.0	0.0	1.03
			5									

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla Propiedad mecánica de Cal hidratada FECHA	21 física- Cal hidratada FECHA 02/08/2021	CANTERA Industria minera calcárea	GRANULOMETRIA % QUE PASA, POR TAMIZADO					HUM. %
			Nº16	Nº30	Nº50	Nº200	<Nº200	
PROMEDIO			100	92.2	85.8	74.7	0.0	1.27
			100	92.2	85.8	74.7	0.0	1.27

TABLA 21. RESUMEN GENERAL DE PROPIEDADES FISICOS- MECANICOS DE LA CAL HIDRATADA

Fuente: elaboración propia

#### 4.4 Otros Ensayos

- Además, se realizaron ensayos relacionados a la calidad del agregado, como se lista a continuación:
  - Durabilidad del agregado fino y grueso al sulfato de magnesio. Norma MTC E 209
  - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles. Norma MTC E 207.
  - Ensayo de Adherencia del agregado grueso con el cemento asfáltico. Norma MTC E 517.
  - Índice de Durabilidad del agregado fino y grueso. Norma MTC E 214.
  - Ensayo para determinar las Partículas Chatas y Alargadas en el agregado grueso. Norma ASTM 4791.
  - Ensayo para determinar el porcentaje de Caras Fracturadas en el agregado grueso. Norma MTC E 210.
  - Sales Solubles Totales en agregados finos y gruesos para Pavimentos Flexibles. Norma MTC E 219. – Ensayo de Absorción en el agregado grueso para Pavimentos Flexibles. Norma MTC E 206.
  - Equivalente de Arena en el agregado fino. Norma MTC E 114.
  - Valor de azul de metileno para arcillas, rellenos minerales y finos. Norma AASHTO TP-57.
  - Ensayo para determinar la Angularidad del agregado fino. Norma MTC E 222.
  - Límites de consistencia para determinar el índice de plasticidad del agregado fino con las mallas N° 40 y N° 200. Norma MTC E 111.

- Ensayo de Absorción en el agregado fino para Pavimentos Flexibles. Norma MTC E 205.
- Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Procedimiento Riedel Weber). Norma MTC E 220
- 3.4.1 Interpretación de Resultados de los Ensayos de Calidad de los Agregados Pétreos

En este parte se dará a conocer el resultado obtenido de los ensayos de calidad realizados al agregado grueso y fino (Ver Tabla 22 y Tabla 23) respectivamente. Para ver los certificados de los ensayos de calidad realizados a los agregados ir al Anexo

**TABLA 22. REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS GRUESOS TM I”, PARA ENSAYO**

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm) ≤3.000	>3.000	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	1.31	18% máx.	15% máx.	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	18.9	40% máx.	35% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	+ 95%	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	74.0	35% min.	35% min.	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	4.4	10% máx.	10% máx.	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	94 / 86	85/50	90/70	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0332	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción *	MTC E 206	0.74	1,0% máx.	1,0% máx.	Cumple

Fuente: Tabla 423.01 (*Manual de Carretera; EG-2013*)

*TABLA 23. REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS GRUESOS TM3/4", DE ENSAYO*

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm) ≤3.000	>3.000	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	2.67	18% máx.	15% máx.	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	0.2	40% máx.	35% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	+ 95%	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	76.0	35% min.	35% min.	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	.8.7	10% máx.	10% máx.	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	91 / 51	85/50	90/70	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0690	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción *	MTC E 206	0.72	1,0% máx.	1,0% máx.	Cumple

*Fuente: Elaboración propia*

.La notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas. \*El resultado obtenido es con respecto a la combinación de agregados pétreos (Grava TM ¾" con la gravilla TM ½" de la cantera Gloria).

Con relación al resultado logrado de los ensayos de calidad del agregado grueso, podemos observar que en la **Tabla 23.** Requerimientos de los agregados gruesos, se ha considerado con todas las obligaciones

Para hacer una interpretación de los resultados encontrados de cada ensayo de acuerdo a la secuencia mostrado en el anexo B:

- Abrasión Los Ángeles, se ha obtenido 0.2 % en TM 3/4", lo cual significa que tiene buena resistencia al desgaste físico-mecánico, por lo tanto, las partículas pétreas muestran resistencia adecuada a la fragmentación por su dureza física.

- La Adherencia, se ha obtenido un “+95”, esto significa que el cemento asfáltico de tipo PEN 85/100 empleado en este ensayo tiene una afinidad con el agregado grueso, por lo que se logrará retardar posibles desprendimientos de los áridos.

- Índice de Durabilidad, se ha obtenido 76,0 %, esto significa que el agregado grueso presenta un gran desempeño para resistir relativamente la degradación mecánica, ya que no generaría finos de arcilla perjudicial para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.

- Partículas chatas y alargadas, se ha obtenido 8.7 %, esto significa que el agregado grueso presenta adecuada composición física-mecánica ya que carece de partículas de fácil fragmentación, por lo que ayudará a la resistencia de la Mezcla Asfáltica en Caliente en su producción.

- Caras fracturadas, se ha logrado 91/81, esto significa que el 91% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 81% tiene dos caras fracturadas, según estos valores se deduce que el agregado grueso ha tenido un buen control en la etapa de producción en la planta chancadora de trituración mecánica, con ello las partículas pétreas tendrán una adecuada contribución en la resistencia y performance de la Mezcla Asfáltica en Caliente para soportar los esfuerzos de compresión y tracción.

- Sales Solubles Totales, se ha obtenido un resultado de 0,069 %, este valor representa un mínimo porcentaje por lo que el agregado pétreo no tendrá riesgo perjudicial al ataque de sales ni mucho menos será un peligro para la adherencia de los áridos con el cemento asfáltico.

- Absorción, se ha obtenido un resultado de 0,72 %, cuyo valor no supera el 1.0 % máximo especificado, esto significa que el agregado grueso tendrá una adecuada afinidad de adherencia con el cemento asfáltico y cumple.

*TABLA 24. REQUERIMIENTO DE LOS AGREGADOS FINOS, DE ENSYO*

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm) ≤3.000	>3.000	
Equivalente de Arena	MTC E 114	66.0	60	70	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	44.6	30	40	Cumple
Azul de metileno	AASTHO TP 57	6.32	8 máx.	8 máx.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	N.P.	NP	NP	Cumple
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	6.88	-	18% máx.	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	50.0	35 min.	35 min.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	N.P.	4 máx.	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0006	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción*	MTC E 205	0.44	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple

*Fuente: Tabla 423-02 (manual de carreteras; EG-2013)*

Con respecto al resultado obtenido de los ensayos de calidad del agregado fino, podemos observar que en la Tabla 26, ver en el anexo C. Requerimientos de los agregados finos, se ha cumplido con todos los requerimientos exigidos para una altitud  $\geq 3000$  m.s.n.m. Por lo que faremos una interpretación de los resultados obtenidos de cada ensayo de acuerdo con el orden mostrado en la tabla:

- Equivalente de Arena, se ha obtenido resultados de 66.0%, para las arenas chancadas de la cantera Gloria, lo cual significa que las arenas presentan un menor porcentaje de finos nocivos y están limpias de impurezas orgánicas perjudiciales para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.

- Angularidad del agregado fino, se ha obtenido resultados de 44.6% para las arenas trituradas de la cantera Gloria, lo cual significa que las arenas tienen un alto grado de fricción

interna, por lo que mejorará el desempeño de la Mezcla Asfáltica en Caliente y así evitar la formación prematura del ahuellamiento o roderas en la carpeta asfáltica.

- Azul de metileno, se ha obtenido resultados de 6.32mg/g para las arenas trituradas de la cantera Gloria, que las arenas tienen un excelente desempeño anticipado en la Mezcla Asfáltica en Caliente, debido a la presencia de una baja cantidad de arcillas dañinas y materia orgánica.

- Índice de Plasticidad (malla Nº 40), se ha obtenido resultados de NP para ambas arenas trituradas de la cantera Gloria, lo cual significa que estos agregados finos no presentan plasticidad, ni porcentaje de finos perjudiciales para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.

- Durabilidad (al sulfato de Magnesio) se ha obtenido resultados de 6.8 % para las arenas trituradas de la cantera Gloria, lo cual significa que el agregado fino muestra una dureza consistente para resistir la desintegración debido al tránsito, al clima y pérdida de cohesión al paso del tiempo.

- Índice de Durabilidad, se ha obtenido resultados de 50% para las arenas trituradas de la cantera Gloria, esto significa que los agregados finos presentan un gran desempeño para resistir relativamente la degradación mecánica, ya que no generaría finos de arcilla perjudicial para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.

- Índice de Plasticidad (malla Nº 200), se ha obtenido resultados de NP para ambas arenas trituradas de la cantera Gloria, lo cual significa que estos agregados finos no presentan plasticidad, ni porcentaje de finos perjudiciales para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.

- Sales solubles Totales, se ha obtenido resultado de 0,0006 para las arenas trituradas de la cantera Gloria, estos valores representan un mínimo porcentaje por lo que la mezcla asfáltica cumple con la adherencia de los áridos con el cemento asfáltico.
- Absorción, se ha obtenido valores de 0,44% para las arenas trituradas de la cantera Gloria, quiere decir que la arena triturada de esta cantera tendrá una adherencia con el cemento asfáltico.

#### **4.5 Procedimiento para la Combinación de Agregados con Granulometría SUPERPAVE TNM 19 mm**

Teniendo las caracterizaciones físicas mecánicas de los agregados y haber hecho la granulometría por tamizado, separando individual los agregados cada medida tales como: Grava Triturada TM 1"-Grava Triturada TM  $\frac{3}{4}$ "-cantera Gloria, Gravilla Triturada TM  $\frac{1}{2}$ "-cantera Gloria, Arena Triturada TM  $\frac{3}{8}$ "-cantera Gloria, Arena Triturada TM N"4- TM N"8. Se procede a combinar de acuerdo el diseño de las tablas elaborado en Excel, se obtienen los porcentajes juntados hacen el 100% considerando el tamaño máximo nominal 19 mm utilizando granulometría SUPERPAVE lo que se detalla en las siguientes tablas 25, ver anexo E su ensayo de laboratorio.

**TABLA 25. GRADACIÓN DE TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DE 19 MM**

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control	Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Formula de Mezcla	Tolerancia (**)
			Mínimo	Máximo		
25		100,0	100,0			
19,00	100,0	90,0	88,4			
12,50			73,2			
9,50			59,6			
4,75			49,5		*	(6)
2,36	49,0	23,0	34,6	34,6	*	(6)
1,18			25,3	22,3	28,3	
0,60			18,7	16,7	20,7	*
0,30			13,7	13,7	13,7	*
0,15			10,0			
0,075	8,0	2,0	7,3		*	(2)

- El contratista especificara los valores con aproximación al 0.1%
- Desviaciones aceptables (\*) de los valores de la formula

Fuente: Delgado et al., (2006)) *Influencia de la Granulometría en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica, Publicación Técnica N° 299*

Si Para hacer el cálculo de las combinaciones de los agregados y comprobar si ésta cumple con los parámetros mínimo y máximo de la zona restringida; también si se ajustan dentro de los puntos de control, siguiendo el siguiente procedimiento: se asume los promedios de los porcentajes que pasan de cada una de los agregados que atienden la combinación, inmediatamente se procede a establecer por sondeo un porcentaje a cada agregado, la suma total de los porcentajes deberá ser el 100 por ciento, como se muestra a continuación (Ver en la Tabla 26)

**TABLA 26. PARAMETROS MINIMOS Y MÁXIMOS QUE CUMPLEN AL 100%**

Filler Hidratada	cal	Arena Triturada <3/16"	Grava Gloria Chancadora Gloria 1"-3/4""	Grava Chancadora Gloria ¾"-1/2"	Total Agregados
1.5 %		45.5 %	10.0 %	43.0%	100.0 %

Fuente: *Elaboración Propia*

Se puede decir que el porcentaje de cada agregado para la combinación es multiplicado por el “porcentaje que pasa” de la granulometría individual de cada agregado lo que pasa, luego se hace la suma de los cuatro porcentajes, adquiriendo así el valor del “porcentaje que pasa” para cada tamiz, lo cual corresponde al valor de la granulometría de la combinación teórica ya en práctica, a la orden se debe comprobar si cumple dentro de la especificación de la granulometría convencional Marshall y SUPERPAVE, la cual pertenece para nuestra trabajo de investigación la Graduación de tamaño nominal máximo de 19 mm. Entonces si el valor del “porcentaje que pasa”, de cualquier tamiz no encaja dentro del rango establecido por la especificación o cae dentro de la zona restringida, significa que la combinación granulométrica en los porcentajes de agregados no cumple con la especificación por lo que se deberá reacomodar los porcentajes hasta conseguir valores que efectúen con lo requerido para cada tamiz según su especificación.

En las tablas siguientes (Ver Tabla 27 y Tabla 28) se muestran los resultados de una hoja de cálculo, la combinación que cumple con la especificación granulométrica ASTM D 3515 y la Graduación SUPERPAVE para Agregado de tamaño nominal de 19 mm respectivamente. Para ver el detalle de Las gráficas de los usos granulométricos de la combinación de agregados ir al Anexo E.

**TABLA 27. RESULTADO DE LA COMBINACIÓN TEÓRICA DE LOS AGREGADOS EMPLEADAS EN ASFALTO EN CALIENTE**

	CAL HIDRA TADA	ARE NA TRITU RADA GLORI	GRA		CO MB. TEÓR ICA	ESPECIFICACIO N			
			VA CHAN. GLORI	VA CHAN. GLORIA		N	ASTM D 3515		
		GLORI	A 1"- ¾"	3/4"-					
			A <	½"					
			3/16"						
		1.5%	45.5	10.0	43.0				
			%	%	%				
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	OK	
¾"	19.050	100.0	100.0	62.5	100.0	96.3	90	100	OK
½"	12.700	100.0	100.0	17.5	80.1	83.2			
3/8"	9.525	100.0	100.0	7.5	54.8	71.3	58	80	OK
#4	4.760	100.0	97.5	0.4	7.3	49.0	35	65	OK
#8	2.360	100.0	69.8	0.2	1.2	33.8	23	49	OK
#10	2.000	100.0							
#16	1.180	100.0	44.7	0.1	0.6	22.1			
#30	0.600	92.2	29.60	0.1	0.4	15.0			
#40	0.420								
#50	0.300	85.8	20.9	00.0	0.00	10.8	5	19	OK
#80	0.117								
#100	0.150	74.7	15.3	00.0	0.00	7.0	2	8	OK
#200	0.075		11.6	00.	0.0	64			

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO E)

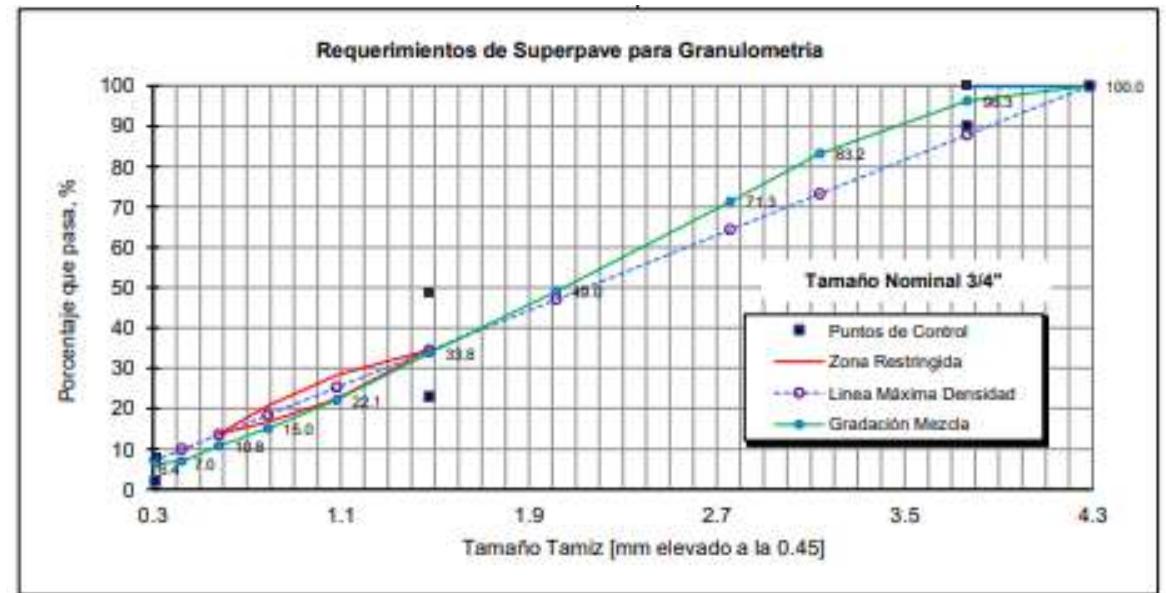
Poseemos los resultados de la Combinación Teórica de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente, están representadas en graficas la que representa granulométricamente la combinación teórica de agregados con uso granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515 (Ver Figura 17 y otra que incorpora la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 19 mm (Ver Figura 17)

*TABLA 28. RESULTADO DE TAMIZADO DE TMN*

DESCRIPCIÓN TAMICES		TAMIZ mm PULGADA	POTENC IA 0.45	TAMAÑO NOMINAL $\frac{3}{4}$ "			MAXIMA DENSIDAD	CURVA DEL DISEÑO MEZCLA
MM	PUNTO CONTROL			DE	ZONA RESTRINGIDA			
1"		4287	100	100			100.0	100
$\frac{3}{4}$ "	19.050	3767	90	100			87.9	96.3
$\frac{1}{2}$ "	12.700	3.138					73.2	83.2
$\frac{3}{8}$ "	9.525	2.757					64.3	71.3
$\frac{1}{4}$ "	6.350	2.297						
Nº4	4.760	2.018					47.1	49.0
Nº8	2.380	1.477	23	49	34.6	34.6	34.5	33.8
Nº10	2.000	1.466						
Nº16	1.190	1.081			22.3	28.3	25.14	22.1
Nº 20	0.840	0.925						
Nº 30	0.59	0.789			16.7	20.7	18.4	15.0
Nº 40	0.42	0.677						
Nº 50	0.298	0.580			13.7	13.7	13.5	10.8
Nº 80	0.177	0.459						
Nº 100	0.149	0.425					9.9	7.0
Nº 200	0.074	0.310	2	4			7.2	8.4

*Fuente: elaboracion propia*

**Figura N°16**



Fuente: elaboracion propia

Después de obtener el resultado de los agregados se lleva al horno para su secado

**Figura 17.Horno utilizado para las muestras**



Fuente: elaboracion propia

#### 4.6 Manera de Calcular la Mezcla Asfáltica, Elaboración de Briquetas por el Método Marshall y Granulometría SUPERPAVE 19 MM.

Las Instrucciones que se realiza para la mezcla de agregados, es recomendado por la norma ASTM D1559, donde rige el procedimiento para elaborar briquetas por el método Marshall, luego ser ensayadas, determinado sus pesos específicos, contenido de vacío de aire,(V.A),vacíos llenos de asfalto (V.F.A), vacíos en el agregado mineral (V.A.M.),resistencia a la estabilidad y flujo; mencionados en las siguientes tablas para calcular las briquetas.

**TABLA 29A. RESULTADO DEL CALCULO PARA LA DOSIFICACIÓN DEL AGREGADO/CONTENIDO DE CEMENTE ASFÁLTICO PARA LA PREPARACION DE BRIQUETAS**

Pesos para briquetas (Moldeo)					
<i>fecha 15/8/21</i>					
<i>Briquetas</i>					
<i>Peso de briqueta</i>					
1230 gr					
<i>Filler</i>					
0 %					
<i>Aditivo</i>					
0 %					
Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	C. A. (%)	C. A. (%)
				(gr)	Acum. (gr)
1"	100	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	96.2	3.8	3.8	44.4	44.4
1/2"	83.2	16.8	13.0	151.0	195.4
3/8"	71.3	28.7	11.9	138.4	333.8
Nº 4	49.0	51.0	22.3	259.0	592.8
Nº 8	33.8	66.2	15.2	176.7	769.5
< Nº 8		100.0	33.8	392.9	1162.4
<b>Ligante Asfáltico (*)</b>		gr		67.7	1230.0
<b>Cemento asfáltico</b>		gr		67.7	
<b>Aditivo</b>		gr		0.0	
<b>Filler</b>		gr		0.0	
<b>Peso total</b>		gr		1230.0	
<b>Verificación</b>		gr		1230.0	

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

Fuente: elaboracion propia

**TABLA 29B. RESULTADOS PARA LA DOSIFICACIÓN DE AGREGADO /CONTENIDOS DE CEMENTO ASFALTICO PARA LA PREPARACIÓN DE BRIQUETAS**

Pesos para briquetas (Moldeo)														
fecha 15/8/21														
Briquetas 3														
Peso de briqueta 1230 gr														
Filler 0 %														
Aditivo 0 %														
Contenido de Asfalto (%)														
Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	4.5% (gr)	Acum. (gr)	5.0% (gr)	Acum. (gr)	5.5% (gr)	Acum. (gr)	6.0% (gr)	Acum. (gr)	6.5% (gr)	Acum. (gr)	Total 1 briqueta (gr)
1"	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	96.3	3.7	3.7	43.5	43.5	43.2	43.2	43.0	43.0	42.8	42.8	42.6	42.6	343.1
1/2"	83.2	16.8	13.1	153.9	197.3	153.9	196.3	152.9	196.3	151.5	194.2	150.7	193.2	1737.7
3/8"	71.3	28.7	11.9	139.8	337.1	139.1	335.4	138.3	333.6	137.6	331.8	136.9	330.1	2359.6
Nº 4	49.0	51.0	22.3	261.9	599.1	260.6	595.9	259.2	592.8	257.8	589.7	256.5	586.5	4260.0
Nº 10	33.8	66.2	15.2	178.5	777.6	177.6	773.5	176.7	769.5	175.7	765.4	174.8	761.3	4730.8
< Nº 10	100.0	33.8	397.0	1174.7	395.0	1168.5	392.9	1162.4	390.8	1156.2	388.7	1150.1	7776.1	
Ligante Asfáltico (*)	gr	55.4		61.5		67.7		73.8		80.0		338.3		
Cemento asfáltico	gr	55.4		61.5		67.7		73.8		80.0		338.3		
Filler	gr	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		
		1174.7		1168.5		1162.4		1156.2		1150.1		23328.4		
	gr	1230.0		1230.0		1230.0		1230.0		1230.0		6150.0		
Verificación	gr	1230.0		1230.0		1230.0		1230.0		1230.0		21545.6		

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

Fuente: elaboracion propia

Tabla 29b resultado de cálculo para la dosificación de agregados para hacer briquetas

De las tablas 29(a) y 29 (b) se tiene que:

- El “% Que pasa” (A), que para cada tamiz es obtenido de la granulometría de la mezcla física elaborada en la comprobación.
- El “% Ret. Acum” (B), que para cada tamiz se recibe por medio de la extraccion del 100 % del “% Que pasa” (A) se dice del tamiz de Tamaño Máximo (ATM) menos el “% Que pasa” (A) del tamiz de Tamaño Máximo Nominal (ATMN). Ejemplo:
  - o El “% Ret. Acum” para el tamiz ¾”, que está dada por la siguiente:

**Ecuacion N<sup>a</sup> 1;**

$$B = ATM - ATMN$$

$$B=100,0 - 96.3$$

$$B=3.70$$

Se hace el mismo procedimiento de cálculo para los demás tamices.

- El “% Ret. Parc.” (C), que para cada tamiz se recive por medio de la extracción del “% Ret. Acum” (B) del tamiz del Tamaño Máximo (BTM) con el “% Ret. Acum” (B) del tamiz de Tamaño Máximo Nominal (BTMN).

Ejemplo:

- o El “% Ret. Parc.” (C) para el tamiz  $\frac{1}{2}$ ”, que está dada por la siguiente:

#### Ecuación N<sup>a</sup> 2

$$C = BTM - BTMN$$

$$C=100 - 83.2$$

$$C=16.8$$

- o El “% Ret. Parc.” (C) que para el tamiz  $\frac{3}{8}$ ”, está dada por la siguiente:

#### Ecuación N<sup>a</sup>3

$$C = BTMN - BTM$$

$$C=100 - 71.3$$

$$C=28,7$$

Se hace el mismo procedimiento de cálculo para los demás tamices.

- Que Para encontrar resultados el Peso retenido de Agregado por contenido del Cemento Asfáltico (%) para cada tamiz ( $w_i$ ) se debe operar con la siguiente fórmula.

- Que Para encontrar resultados el Peso retenido acumulado de Agregado por contenido del Cemento Asfáltico (%) para cada tamiz ( $W_{Acum.}$ ) se desarrolla con la siguiente fórmula.

$$W_{Acum.} = W_{Acum.} + w_i$$

- Que Para encontrar los resultados la “Cantidad de cemento asfáltico” (d), que para cada peso de Agregado por comprendido de Cemento Asfáltico (%) se multiplica el peso de la

briqueta por el contenido de cemento asfáltico y se divide entre 100. se desarrolla con la siguiente fórmula.

$$d = (W \times CA) / 100$$

- Para hallar la “Cantidad de agregado” (e), que para cada contenido del Cemento Asfáltico (%) se multiplica el peso de la briqueta por el contenido de cemento asfáltico y se divide entre 100. se desarrolla con la siguiente fórmula conocida.

$$e = (100 - d) \times W / 100$$

Que Para explicar el cálculo del porcentaje de 4,5 % del Cemento Asfáltico (C.A.) se detalla el siguiente ejemplo:

### Ecuacion N<sup>a</sup> 3

Peso de briqueta (W) = 1230,0 g

$1230,0 \times 4,5 \% / 100 = 55,35$  g cantidad de C.A.

$1230,0 \times 95,5 \% / 100 = 1174,65$  g cantidad de agregado

$1174,65 + 55,35 = 1230,00$  g peso total en la mezcla

Que para cada contenido del cemento Asfáltico (C.A.) de 4,5%; 5%; 5.5%; 6%, 6.5%, se mezclará una porción de mezcla asfáltica de aproximadamente 1550 g, que para determinar la Máxima Densidad Teórica (RICE), la cual se deberá quedarr en condición suelta. Los cálculos para las

diferentes dosificaciones para la mezcla de Máximas Densidades Teóricas (RICE) de acuerdo a su porcentaje de contenido de cemento asfáltico se realizan de la misma manera explicada en las secciones anteriores para las tablas 30. A continuación, se muestra las tablas

30 (a) y 30 (b) en las que se detallan las dosificaciones para elaborar mezcla para determinar :

Máxima Densidad Teórica (RICE), ver el anexo H.

**TABLA 30. RESULTADO DEL CALCULO PARA EL MEZCLADO DE AGREGADO/ CEMENTO ASFALTICO PARA LA ELABORACION DEL MEZCLA LO QUE DETERMINA LA MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA (RICE)**

Pesos para RICE														
fecha 08/11/16				B-Nov										
Briquetas	3	Peso de briqueta	1550 gr	Filler	0 %	Additivo	0 %	optimo						
Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	4.5% (gr)	Acum. (gr)	5.0% (gr)	Acum. (gr)	5.5% (gr)	Acum. (gr)	6.0% (gr)	Acum. (gr)	6.5% (gr)	Acum. (gr)	Total 1 briqueta (gr)
3/4"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	84.2	15.8	15.8	234.4	234.4	233.2	233.2	232.0	232.0	230.8	230.8	229.5	229.5	2319.9
3/8"	75.4	24.6	8.8	130.0	364.5	129.3	362.6	128.7	360.7	128.0	358.7	127.3	356.8	2446.6
Nº 4	59.4	40.6	16.0	236.5	601.0	235.2	597.9	234.0	594.7	232.8	591.5	231.5	588.4	4143.3
Nº 10	41.1	58.9	18.3	270.2	871.2	268.8	866.6	267.4	862.1	266.0	857.5	264.6	852.9	5647.3
< N° 10	100.0	41.1	609.1	1480.3	605.9	1472.5	602.7	1464.8	599.5	1457.0	596.3	1449.3	10337.2	
Ligante Asfáltico (*)	gr	69.8		77.5		85.3		93.0		100.8		426.3		
Cemento asfáltico	gr	69.8		77.5		85.3		93.0		100.8		426.3		
		1480.3		1472.5		1464.8		1457.0		1449.3		31011.6		
	gr	1550.0		1550.0		1550.0		1550.0		1550.0		7750.0		
Verificación	gr	1550.0		1550.0		1550.0		1550.0		1550.0		25320.5		

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

Fuente: elaboracion propia

#### 4.6.1 Manera para Preparación de Briquetas con Diseño Marshall para Máxima Densidad Teórica

Se hizo tres briquetas con el diseño Marshall de manera convencional de acuerdo las normas ASTM D-1559 para ello se seleccionó los agregados a temperatura ambiente de acuerdo a las granulometrías.

- a) Se determinar el peso de los agregados, un total sumado más el asfalto es de 1230 g, distribuidos proporcionalmente a su granulometría.
- b) Para el acumulado ¾" con una balanza electrónica se hace el pesado como se puede apreciar en la figura (17)

**Figura 18. Pesado del acumulado 3/4" en una balanza electrónica**



*Fuente: elaboracion propia*

- c) Para el acumulado que pasa la malla N° ½" se puede apresiar la balanza en la figura de 195.4 gr.

**Figura 19.Pesado del acumulado que pasa la malla N° 1/2"**



*Fuente: elaboracion propia*

- e) Acumulado que pasa la malla N°3/8" se puede apresiar la balanza en la figura 19 la cantidad acumulativa de 333.8 g

**Figura 20. Pesado del acumulado que pasa la malla N°3/8"**



Fuente: elaboracion propia

f) Se sigue aumentando al resipiente agregados que pasa la malla N°4 se puede apreciar la balanza en la figura20, acumulativo de 592.8 gr.

**Figura 11. Pesado del acumulado que pasa la malla N°4**



Fuente: elaboracion propia

g) Acumulados que pasa la malla N° 8 se puede apreciar la balanza en la figura 21, acumulativo de 769.5 gr.

**Figura 22. Pesado del acumulado que pasa la malla N°8**



Fuente: elaboracion propia

- h) Acumulado que pasa la malla N° <8 , se puede apresiar la balanza en la figura 22, acumulativo de 1162.5 gr.

**Figura 23. Pesado del acumulado que pasa la malla N°<8**



Fuente: elaboracion propia

- i) Después de verificar los pesos de los acumulados que pasaron el tamizado y se agrega el PEN 60/70. Hasta lograr el peso total 1230 g, luego se calienta todo

en conjunto se acomoda al pedestal de compactación colocando al interior un disco

De papel filtro de 10cm de diámetro en la superficie de la base del molde, luego se hecha la mezcla de 1230 g dispersando con una espátula y chuseando aproximadamente de 15 vueltas todo el contorno sin dejar espacio para luego colocar otro papel filtro y luego a proceder con la compactación aplicando una fuerza mecánica de 75 golpes verticales a una cara, luego se desmolda para golpear la otra cara otro 75 golpes. Después de la compactación se deja enfriar el molde a temperatura ambiente. Listo para proceder con el molde de la briqueta.

**Figura 24. Llenado de mezcla para realizar probetas**



Fuente: elaboracion propia

j) Se realizó la evaluacion de la mezcla de asfalto para las Maximas Densidades Teoricas (RICE), pesando en total 1550g de mezcla ya considerando el cemento asfaltico con

los porcentajes de: 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, esta mezcla no es compactada, ver la Tabla 30.

Esta medida de asfalto irá en cada uno de los contenidos del diseño asfáltico, determinando con los siguientes cálculos, aumentando el porcentaje de 0.5%.

#### Ecuación N<sup>a</sup> 4

$$1230,0 \text{ g} = 1230,0 \times 4,5 \% / 100 = 55,35 \text{ g. la cantidad de C.A.}$$

$$1230,0 \times 95,5 \% / 100 = 1174,65 \text{ g. la cantidad de agregado a utilizar}$$

$$\text{Suma} = 1174,65 + 55,35 = 1230,00 \text{ g}$$

100% = 1230,00 g es el peso total en la mezcla

**TABLA 31. CONTENIDO DE ASFALTO AUMENTADO EL 0.5%**

	% CEMENTO ASFÁLTICO 6,0% 6,5 %	4,5 %	5,0 %	5,5%
73,80	PESO C. ASFÁLTICO (G) 79,95	55,35	61,50	67,65
1156,20	PESO AGREGADOS (G) 1150,05	1174,65	1168,50	1162,35
1230,00	PESO MEZCLA (G) 1230,00	1230,00	1230,00	1230,00

Fuente: elaboración propia

#### **4.6.2 *Método de evaluación***

El método de evaluación de presente trabajo fue por el diseño Marshall con granulometría SUPERPAVE 19 MM, considerando un tráfico pesado, con briquetas de 62.5mm de espesor y 100mm de diámetro. Inicialmente, se realizó un diseño Marshall precedente obteniéndose como óptimo contenido de asfalto: 5.40%. En cada uno de las briqueta se analizaron parámetros Marshall todos relacionados a la Resistencia (Estabilidad), Deformaciones plásticas (flujos), Porcentaje de Vacíos, Sensibilidad al agua (Estabilidades Retenidas), Densidades (Pesos Unitarios), etc. Para luego verificar su posterior cumplimiento de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en el Manual de Carreteras - EG-2013. Además cabe mencionar, se realizó la evaluación de la Mezcla Asfáltica en Caliente por desempeño, con la finalidad de medir su resistencia al ahuellamiento a través del ensayo de la Rueda de Hamburgo.

##### **4.6.2.1 Definición de Resultados de los Ensayos de Calidad de los Agregados Pétreos**

Se da a conocer el resultado obtenido de los ensayos de calidad realizados al agregado grueso y fino, Para ver que es certificados los ensayos de calidad realizados a los agregados ir al Anexo A

#### **4.6.3 conformación de Cálculo de por Contajes de Caucho a Añadir.**

Dando realce nuestra investigación procedemos analizar la mezcla convencional incorporando un porcentaje de caucho desmenuzado, para cada porcentaje de 0.5% 1.0% y 1.5% , para el peso de la briqueta siendo 1230 gr. como se muestra en la tablas 32, tabla 33 y tabla 34 . Se puede apreciar también en la figura 24.

*TABLA 32. PEOS DE LA BRIQUETA DE 1230 G. CON 0.5% DE CAUCHO.*

fecha 10/06/2021

Briquetas

Peso de briqueta

1230 gr

Caucho

0.5 %

Aditivo

0 %

Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	C. A. (%)	C. A. (%)
				5.40%	Acum.
1"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	94.7	5.3	5.3	61.4	61.4
1/2"	79.2	20.8	15.5	179.5	240.8
3/8"	66.8	33.2	12.4	143.6	384.4
Nº 4	46.1	53.9	20.7	239.7	624.0
Nº 8	34.2	65.8	11.9	137.8	761.8
< N° 8		100.0	34.2	396.0	1157.8
Ligante Asfáltico (*)			gr	66.4	
Cemento asfáltico			gr	66.4	
Aditivo			gr	0.0	
Caucho			gr	5.8	
Peso total			gr	1230.0	
Verificación			gr	1230.0	

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

Fuente: elaboracion propia

*TABLA 33. PESO DE LA BRIQUETA 1230 G. CON 1.0% DE CAUCHO.*

**Pesos para briquetas ÓTIMO ASFALTO(Moldeo)**

fecha 10/06/2021

Briquetas

Peso de briqueta

1230 gr

Caucho

1 %

Aditivo

0 %

Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	C. A. (%)	C. A. (%)
				5.40%	Acum.
1"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	94.7	5.3	5.3	61.1	61.1
1/2"	79.2	20.8	15.5	178.6	239.6
3/8"	66.8	33.2	12.4	142.8	382.4
Nº 4	46.1	53.9	20.7	238.5	620.9
Nº 8	34.2	65.8	11.9	137.1	758.0
< N° 8		100.0	34.2	394.0	1151.9
Ligante Asfáltico (*)			gr	66.4	
Cemento asfáltico			gr	66.4	
Aditivo			gr	0.0	
Caucho			gr	11.6	
Peso total			gr	1230.0	
Verificación			gr	1230.0	

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

Fuente: elaboracion propia

**TABLA 34. PESO DE LA BRIQUETA 1230G. CON 1.5% DE CAUCHO**

**Pesos para briquetas ÓTIMO ASFALTO(Moldeo)**  
**fecha 10/06/2021**

<b>Briquetas</b>	
<b>Peso de briqueta</b>	<b>1230 gr</b>
<b>Caucho</b>	<b>1.5 %</b>
<b>Aditivo</b>	<b>0 %</b>

Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	C. A. (%)	C. A. (%)
				5.40%	Acum.
				(gr)	(gr)
1"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	94.7	5.3	5.3	60.7	60.7
1/2"	79.2	20.8	15.5	177.6	238.4
3/8"	66.8	33.2	12.4	142.1	380.5
Nº 4	46.1	53.9	20.7	237.2	617.8
Nº 8	34.2	65.8	11.9	136.4	754.2
< Nº 8		100.0	34.2	392.0	1146.1
<b>Ligante Asfáltico (*)</b>			gr	66.4	
<b>Cemento asfáltico</b>			gr	<b>66.4</b>	
<b>Aditivo</b>			gr	0.0	
<b>Caucho</b>			gr	<b>17.5</b>	
<b>Peso total</b>			gr	1230.0	
<b>Verificación</b>			gr	<b>1230.0</b>	

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

Fuente: elaboracion propia

#### 4.7. EJEMPLARES DE LOS PESOS DE LA BRIQUETAS CON CAUCHO INCORPORADO

Se realizó 03 muestras para los diseños de las mezclas asfálticas para cada porcentaje de caucho agregado. 0.5%, 1.0% , 1.5% respectivamente. Para ello se muestra a continuación en las figuras siguientes desde la selección se puede apreciar siguiendo la granulometría en el laboratorio

*Figura 25. Una vez determinado los pesos por cada porcentaje de caucho como se muestra en la Presente figura.*



*Fuente: elaboracion propia*

*Figura 26. En el laboratorio de la empresa Delheal sac.*



*Fuente: elaboracion propia*

**Figura 27. Se toma la temperatura de la muestra antes de llenar al molde**



Fuente: elaboracion propia

3.-Se procede con la compactación de la mezcla asfáltica en caliente llenado en el molde sobre el pedestal de compactación empleando una fuerza mecánica de 75 golpes por cara, se sostiene la manija en la parte superior con una mano y la otra mano del martillo de compactación dejando caer al molde para su compactación. (ver Figura 28)

**Figura 28 Realizando los 75 golpes de compactación para la probeta**



Fuente: elaboracion propia

#### 4.7.1. DETERMINACIÓN DE ESTABILIDAD Y FLUJO DE LAS BRIQUETAS DE DISEÑO MARSHALL

El procedimiento del ensayo que es para determinar la estabilidad y el flujo según la norma MTC E 504 “Resistencia de Mezclas Bituminosas empleando en el Aparato Marshall”. Basándose en la norma mencionada en anterior, se elaboró siguieron los siguientes pasos:

1. Despues de determinar los pesos específicos de cada uno las briquetas de diseño que se va hacer, se sumergen en el recipiente de un baño maría con agua a una temperatura de 60°C por espacio de tiempo de 30 minutos y luego hacer el Ensayo de Estabilidad y fluencia, ir al anexo J como se muestra en la imagen (Ver Figura 31).

**Figura 29. Las briquetas están dentro del recipiente (BAÑO María)**



Fuente: elaboracion propia

- 2.- Despues de los peso a específicos de las briquetas se somete a baño María con un agua a temperatura de 60°C, en un tiempo de 30 minutos para someter en el ensayo de estabilidad y fluencia que se muestra en la fotografía (ver. Figura 29)

**Figura 30. Saturación en Baño María**



*Fuente: elaboracion propia*

3.- Después de que pase un tiempo de 30 minutos se saca del baño maría para colocar la briqueta cuidadosamente secado sus superficies con paño seco y luego se coloca fe forma centrada a la mordaza inferior y para luego montado la mordaza superior también de forma centrada, se puede apreciar en la siguiente figura (Ver figura 31)

**Figura 31. Instrumentos de rotura de probetas**



*Fuente: elaboracion propia*

Se coloca el medidor de flujo sobre la varilla de guía marcada y se verifica la lectura inicial que debería estar en cero en su vernier, a continuidad, se presiona el botón “start” del equipo, Así iniciando con la aplicación de la carga a la briqueta a velocidad de deformación constante de 50,8 mm (2” pulgadas) por minuto, hasta que se llegue a la rotura de la briqueta. El punto de rotura viene definido por la carga máxima obtenida en la lectura. La carga necesaria para producir la rotura de la briqueta a 60 °C siendo el valor de la Estabilidad Marshall. Mientras se está fijando la estabilidad, se mantiene firmemente el medidor de deformación en su posición sobre la varilla de la guía y cuando se llega a la carga máxima de rotura se lee lo obtenido y se anota la medida de la rotura; la lectura es el valor de la deformación obtenida sobre la briqueta, expresada en centésimas de pulgada. (ver Figura 32)

**Figura 32. Cálculos manuales**

DISEÑO PANTON	PORCENTAJES DE CAUCHO					
	0.5%	1%	2%	3%	4%	5%
1. P. Aire	1203.5	1210.9	1223.8	1206.0	1207.2	1205.5
2. P.S.S	1206.9	1213.1	1225.5	1207.2	1211.5	1209.5
3. P.S.S.D	699.9	706.3	718.9	702.9	705.2	700.5
4. Volumen (%)	567.0	566.8	566.6	563.3	568.0	565.5
5. Peso Unid. (g) (densidad) por caja	2374	2389	2416	2374	2396	2383
Estatística	300	230	285	210	215	220
Flujo	14	13	13	19	12	12
		0.018/cm <sup>2</sup>				

Fuente: elaboracion propia

**Figura 33- Se aprecia la rotura de las probetas**



Fuente: elaboracion propia

#### 4.7.2. TÉCNICAS DE CALCULOS PARA EL DISEÑO MARSHALL

La técnica de diseño es viendo esta parte en la siguiente tabla (Ver Tabla 35) se detalla los procesos de la hoja de cálculo presentado en el **anexo G** para los parámetros exigidos por el método de diseño Marshall (Norma ASTM D 1559), se puso como ejemplo los resultados obtenidos de tres briquetas de asfalto para el contenido de cemento asfáltico 4,5%:

**TABLA 35. RESULTADO DE LAS BRIQUETAS CON EL CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO DE 4.5% - DISEÑO MARSHALL**

PROBETAS		1	2	3	4	5	5	PROM.	E S P C .
1	C.A. En peso de mezcla	4.0	4.5	5.0	5.50	6.00	6.50		
2	% De Grava triturada en peso de la mezcla (Mayor N°4)	48.04	48.68	48.43	48.17	47.92	47.66		
3	% de arena combinada en peso de la mezcla (menor N°4)	45.62	45.4	45.15	44.9	44.8	44.43		
4	% Filler en peso de la mezcla (mínimo 65% para malla N° 200)	1.44	1.43	1.43	1.42	1.41	1.4		
5	Peso específico Aparente del C.A	1.038	1.04	1.038	1.04	1.04	1.038		
6	Peso específico Bulk de la grava triturada (Mayor N4)	2.732	2.73	2.732	2.73	2.73	2.732		
7	Peso específico Aparente de la grava triturada (mayor N°4)	2.792	2.792	2.792	2.792	2.792	2.792	2.792	
8	Peso específico Bulk de la arena (Menor N°4)	2.751	2.851	2.751	2.751	2.751	2.751		
9	Peso específico aparente de la arena (Menor N°4)	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	
1	Pesos específico aparente de filler	2.300	2.300	2.300	2.300	2.30	2.300	2.300	
1	Altura promedio de la briqueta	-	-						
1	Peso de la briqueta al aire	1219.6	1219.4	1219.8	1228.5	1227.7	1228.8		
1	Peso de la probeta saturada	1222.4	1221.4	1221.1	1228.6	1228.8	1227.1		
1	Peso de a probeta en el agua	703.5	707.2	708.6	746.2	713.5	712.7		

1	Volumen de la probeta	518.9	513.7	512.2	511.4	516.3	514.4	
	Peso específico Bulk de la briqueta	2.35	2.374	2.370	2.398	2.382	2.387	2.377
1	Peso específico máximo ASTM D-2041	2.560	2.541	2.520	2.500	2.48	2.461	2.510
	rice							-5
1	Máxima Densidad teórica	2.588	2.568	2.548	2.529	2.510	2.491	
1	% vacíos	8.19	6.57	5.50	4.08	3.93	3.11	
2	Peso específico Bulk del agregado total	2.734	2.734	2.734	2.734	2.734	2.734	
2	Peso específico aparente del agregado total	2.787	2.787	2.787	2.787	2.787	2.787	2.787
2	Peso específico efectivo del agregado total	2.760	2.760	2.76	2.760	2.760	2.760	
	C.A absorbido por el peso agregado seco	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	
	% del volumen del agregado /volumen bruto de la probeta	82.54	82.93	82.76	21.74	81.92	81.56	
	% de volumen de C.A. efectivo/volumen de la probeta	9.27	10.49	11.744	13.02	14.14	15.33	
	% de vacíos del agregado mineral	17.46	17.07	17.24	17.10	18.08	18.44	
	C.A efectivo /peso de la mezcla	3.65	4.15	4.65	5.15	5.65	6.16	
	Relación betún vacíos	53.10	61.48	68.12	76.17	78.25	83.15	
	Lectura del anillo							
	Estabilidad sin corregir (lectura)	185	197	214	245	248	238	
	Factor de estabilidad	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Estabilidad corregida	185	197	214	245	248	238	
	Lectura del flexímetro (0.01")	11.0	12.0	12.0	13.0	15.0	12.0	12.5
								-1
								4
	fluencia	2.79	3.05	3.08	3.30	3.81	3.06	
	Factor de regides	3320	2124	3379	3640	3191	3839	

Fuente: elaboracion propia

#### **4.7.3. ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

1. Se Moldea la cantidad necesarias de probetas con caucho incluido de 0.5% ,1.0%, 1.5%, de distintos golpes hasta alcanzar determinar que tengan vacíos entre 6 a 8%
2. Una vez que se haya conseguido y determinar el % de vacíos, con la cantidad de golpes que se necesita para que los testigos registren vacíos de 6 a 8%, se procede a elaborar mezcla asfáltica necesaria como para que alcance para una cantidad a moldear 6 briquetas, la mezcla deberá ser ingresada a un horno para su conservado a una temperatura de 135 °C por 4 horas.
3. cabe decir Antes de retirar las muestras de asfalto del horno, se deberá incrementarse la temperatura hasta el rango del valor de compactación de 140 a 145°C y luego compactar 6 testigos de asfalto con el óptimo contenido de cemento asfáltico determinado en el ensayo Marshall respectivo.
4. Los moldes en los 6 testigos de asfalto elaborados son desmoldados y se registra el diámetro y espesor (altura) requerida, para consecutivamente ser ensayados de acuerdo a los procedimientos del ensayo Marshall, en donde se deberá determinar los valores de cada molde: peso al aire, peso de la briqueta saturado superficialmente seca en aire inmediatamente de los 10 minutos de saturación y peso de la briqueta saturado superficialmente seca en agua.
5. SE determinó el peso específico máximo (RICE)
6. Se determinó el peso específico bulk de las 6 briquetas de asfalto
7. Se calcula el porcentaje de aire
8. Se agrupan las briquetas con porcentaje de aire promedio

9. Primer grupo almacenar las briquetas secas en un área apropiada a temperatura ambiente hasta hacer su ensayo.
10. Segundo grupo saturar por partes en agua con la bomba de vacíos (Rice), considerando siempre la temperatura del agua 25°C, tiempo y presión.
11. Se puede saturar con agua caliente si es necesario a (60°C)
12. Saturar en parte en la bomba de vacío (Rice), aplicando una presión de 70 kilogramos pascales o 525 mm Hg o 20 in Hg por un tiempo de 5 minutos (referencia 30 segundos)
13. Se tiene que determinar el grado de saturación de las briquetas (pesando al aire, y en el agua).
14. El grado de saturación debe estar entre 55 % a 80 %. Si se obtiene más del 80 % el espécimen ha sido dañado y se debe descartar.
15. Si la briqueta está sometida a congelamiento y deshielo cada espécimen saturado se introduce en una bolsa de plástico con 3 ml de agua sellar y llevarlo a la congeladora a – 18 ± 2°C por 15 horas
16. Luego llevarlo al baño maría a 60°C ± 1°C por 24 horas, sacar las muestras y dejar 3 minutos al aire y sacar las bolsas.
17. Llevar al baño de agua fría a 25°C por 1 hora, luego a ensayar las briquetas saturadas.
18. Las muestras secas llevarla a baño de agua fría a 25°C por 20 minutos

19. Determinar el esfuerzo a la tensión en la prensa Marshall de ambas muestras a 25°C, aplicando una velocidad de 2" por minuto hasta que los especímenes se fracturen. El espécimen debe fracturar y observar el grado de cohesión en la mezcla y tipo de falla.

20. Para este ensayo Para obtener los Resultados del ensayo lottman, se tomó las briquetas con caucho al 0.5%, 1% y 1.5% en el diseño Marshall con gradación superpave TMN 19 mm. la conclusión es que a mayor porcentaje de caucho el valor de la Razón del esfuerzo a la tensión - TSR, disminuye, siendo la humedad optimo es de 5.4% del cemento asfaltico en el diseño marshall como patrón.

**Figura 34. Prueba de rotura del ensayo LOTTMAN**



Fuente: elaboracion propia

## 4.8 CONCLUSION DE RESULTADO DEL LOS 3 OBJETIVOS

### 4.8.1 RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL

Los resultados que se obtiene en el laboratorio referente al ensayo Marshall de la mezcla asfáltica. Ver el anexo K

#### *1er Objetivo*

De los resultados de caracterización de la mezcla asfáltica con el método Marshall mostrados en la tabla 36, en la cual se dosifico Mezcla Asfáltica En Caliente (MAC) con la aplicación de caucho en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% teniendo en cuenta los parámetros del diseño patrón con gradación SUPERPAVE TNM 19.00 mm se llegó a las siguientes conclusiones:

**TABLA 36. RESULTADO DE CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA POR EL MÉTODO MARSHALL**

Número de Golpes	75			Espec.
% De Caucho	0.5	1.0	1.5	Diseño Patrón
Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4	5.4
Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	2.383	2.367	2.345	2.390
Estabilidad, kN.	12.7	10.7	10.3	11.3
Estabilidad, kgf	1263.2	1077.3	1049.8	1152.9
Flujo, (0.01pulg.)	13.3	12.0	11.7	13.9
Vacios de aire, %	4.2	3.8	4.1	4.4
V.M.A, %	17.9	19.4	20.1	17.2
V.LL.CA., %	76.7	80.4	79.7	73.3
Absorción de Asfalto, %	0.20	0.40	0.60	-
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	3,831.3	3,581.7	3,543.3	3,369.1
Temperatura máxima mezcla, °C	155	155	155	152
Relación Polvo 0.074/Asfalto Efectivo	1.2	1.2	1.2	1.2
Recubrimiento, %	100.0	100.0	100.0	100.0
Desprendimiento, % retenido	+ 95.0	+ 95.0	+ 95.0	+ 95.0

Fuente: elaboracion propia

- El caucho influye directamente proporcional en LA DENSIDAD de la mezcla asfáltica caliente compactada con el método Marshall, tal es así que en el diseño patrón se obtuvo un densidad promedio compactada de  $2.390 \text{ g/cm}^3$  y al aplicar los porcentajes de caucho de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la combinación de agregados para la fabricación MAC modificada con caucho se obtuvieron densidades promedios de mezcla asfáltica compactada de  $2.383 \text{ g/cm}^3$ ,  $2.367 \text{ g/cm}^3$  y  $2.345 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, por lo que se pudo verificar que el caucho influye en el comportamiento físico-mecánico.
- El caucho influye directamente proporcional en LA ESTABILIDAD de la mezcla asfáltica caliente compactada con el método Marshall, tal es así que en el diseño patrón se obtuvo un ESTABILIDAD promedio de 11.3 kN equivalente a 1152.9 kgf y al aplicar los porcentajes de caucho de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la combinación de agregados para la fabricación MAC con caucho se obtuvieron ESTABILIDADES promedios de mezcla asfáltica compactada de 12.7 kN, 10.7 kN, 10.3 kN respectivamente, por lo que se pudo verificar que el caucho influye en el comportamiento físico-mecánico, disminuyendo la estabilidad al añadir mayores porcentajes de caucho.
- La aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm influye en el flujo (deformación) mejorando su capacidad de recuperación elástica, dado que se verifico que a mayor porcentaje de caucho el valor del flujo disminuye, mejorando el índice de rigidez y haciéndolo menos susceptible a las deformaciones plásticas.
- Con la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm con los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%, también se verifico que el porcentaje de vacíos de aire se mantiene en el rango de 3% a 5%; por lo tanto, el caucho no altera significativamente la relación de vacíos de aire.

### Descripción Mezcla Asfáltica

#### Los agregados pétreos

Piedra Chancada Tmáx. 1 " (Cantera Gloria)	10.0 %
Piedra Chancada Tmáx. 3/4 " (Cantera Gloria)	43.0 %
Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)	45.5 %
Filler. Cal Hidratada AASHTO M 303	1.5 %

#### Bitum- Aditivos

Contenido de Cemento Asfáltico

PEN 60 – 70 5.4%

En peso de la mezcla asfáltica total]

Aditivo Mejorador de adherencia (tipo Amina AR RED RADICOTE)

En peso del contenido óptimo del cemento asfáltico) 0.4%

**TABLA 37. CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA**

<i>NÚMERO DE GOLPES</i>	75	<i>ESPEC.</i>
<i>CONTENIDO ÓPTIMO CEMENTO ASFÁLTICO, %</i>	5.4	$\pm 0.2$
<i>PESO ESPECÍFICO, G/CM<sup>3</sup></i>	2.390	
<i>ESTABILIDAD, KN.</i>	11.3	8.14 MIN.
<i>ESTABILIDAD, KGF</i>	1152.9	830 MIN.
<i>FLUJO, (0.01PULG.)</i>	13.9	8-14(0.01 PULG)
<i>VACIOS DE AIRE, %</i>	4.4	3% - 5 %
<i>V.M.A, %</i>	17.2	1700 - 4000
		(KG/CM)
<i>V.LL.CA., %</i>	17.3	14 MIN.
<i>ABSORCIÓN DE ASFALTO, %</i>		
<i>ESTABILIDAD / FLUJO (KG/CM)</i>	3.369.1	
<i>TEMPERATURA MÁXIMA MEZCLA, °C</i>	152	151 - 156 °C (*)
<i>RELACIÓN POLVO 0.074/ASFALTO EFECTIVO</i>		
<i>ESTABILIDAD RETENIDA, %</i>		1.3
<i>INDICE COMPACTIBILIDAD.</i>		
<i>RECUBRIMIENTO, %</i>	100	100%
<i>DESPRENDIMIENTO, % RETENIDO</i>	+ 95.0	+ 95.0

Fuente: elaboración por laboratorio

#### **4.8.2. RESULTADOS DEL ENSAYOS DE LA RUEDA DE HAMBURGO CON CAUCHO**

Se preparó la mezcla con los valores de diseño Marshall con caucho incorporado al 0.5%, 1.0% y 1.5% respectivamente

1. Una vez compactados los testigos de asfalto, se deja enfriar y seguidamente se registra su peso, para determinar el porcentaje de vacíos de cada testigo, para ello se aplica la misma metodología del Marshall. Los resultados de la determinación del peso específico bulk de los testigos compactados y su % de vacíos se muestran en la siguiente tabla (Ver Tabla 38), ver el anexo O.

**TABLA 38. RESULTADO DEL PORCENTAJE DE VACÍOS DE LAS PROBLEMAS DE ASFALTO.**

DATOS DE LAS PROBETAS DE ASFALTO		0.5%	1.0%	1.5%
	PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE	2431.7	2431.8	2431.6
	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA AL AIRE	2456.2	2446.7	2446.5
SATURADO	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE EN AGUA	1412.4	1404.9	1409.8
(A/E)	VOLUMEN DE LA BRIQUETA P.E. BULK DE LA MUESTRA	1043.2 2.335	1043.4 2.331	1042.3 2.333
	PESO ESPECIFICO MAXIMO -RICE (ASTM D-2041)	2.522	2.524	2.521
	% DE VACIOS	7.57	7.54	7.44

Fuente: elaboracion propia

2. El porcentaje de vacíos promedio resultante concluyente de los testigos de asfalto para el ensayo en la rueda de Hamburgo fue de 7,50%, valor aceptable dentro del rango sugerido de 6 a 8 %.

3. Teniendo comprobado que el porcentaje de vacíos de cada uno de los testigos y el promedio que de aquellos cumple con lo requerido, se procede a preparar en unos moldes específicos de ensayo de 150 mm (6") de diámetro y 60 mm de altura para efectuar la prueba de la Rueda de Hamburgo de acuerdo a la norma AASHTO-324

4. El procedimiento de los Testigos de Asfalto preparados en los moldes de ensayo son sumergido en agua temperada a 50 °C. En los interior de la capsula del Aparato, y se prepara una de los dos brazos con los que cuenta el equipo, poniéndolo sobre los testigos de la briqueta de asfalto añadido con caucho a los porcentaje de 0.5%, 1% y 1.5%.-respectivamente.

5. los ensayo se da iniciación desde la computadora del Equipo de Rueda Hamburgo y solamente se da por concluido cuando los testigos alcancen la máxima profundidad de deformación de 19.00 mm o se cumplan las 20 000 pasadas de carga.

6. En esta prueba el equipo se detuvo a las 20 000 mil pasadas, alcanzando una deformación máxima de 4,34 mm. Cabe decir que los testigos de asfalto ensayados se muestran en la siguiente imagen

*Figura 35. Muestra antes de pasar la prueba*



Fuente: elaboracion en en la participacion del laboratorio

*Figura 36. Muestra después de la prueba*



Fuente: elaboracion en en la participacion del laboratorio

## **2do objetivo**

**TABLA 43. RESULTADO DE LAS PRUEBAS, EL 0.5% COMO OPTIMO**

Nº prueba	Dosificación de Caucho (óptimo)	Número de pasadas	Profundidad ahuellamineto (deformación)	Especificación	Condición
1	0.5%	20 000	6.19 mm	12.5 (máx.)	Cumple

*Fuente: elaboracion propia*

- En el ensayo de rueda de Hamburgo realizado al diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm aplicando un óptimo de 0.5% de caucho se obtuvo una profundidad de ahuellamiento de 6.18 mm, cuyo valor está por debajo del máximo especificado 12.5, por lo tanto, se concluye que la dosis óptima de 0.5% de caucho aplicado mejora el desempeño del pavimento asfáltico a la deformación permanente y fatiga.

### **4.8.3. RESULTADOS DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLA ASFALTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR UMEDAD.**

#### **LOTTMAN**

Los ensayos de tracción indirecta trascibe el estado de tensiones en el nervio inferior de la capa asfáltica o también se puede decir zona de tracción. Es un método espontáneo y práctico que admite caracterizar las pertenencias de la Mezcla Asfáltica en Caliente o se puede evaluar el fallo provocado por tensiones de tracción y a la vez medir el efecto del agua sobre la resistencia a la tracción indirecta. Este técnica y de prueba abarca el procedimiento para la elaboración y experimento de los especímenes de concreto asfáltico para el fin de medir la consecuencia de agua sobre la resistencia de tensión de la mezcla de pavimentación asfáltico.

#### 4.8.3.1 Uso e importancia

La utilización es para evaluar el efecto de la humedad en las mezclas hechas con o sin aditivo adhesivo antistripping), integrados líquidos y rígidos pulverulentos, mas caucho, como por ejemplo cal hidratada o cemento Portland. Se utiliza para entablar el mal permisible por humedad, y implantar si un aditivo adherente es efectivo o no y para descubrir la porción aconsejable de aditivo para maximizar su confianza.

#### 4.8.3.2 Importancia

Para realizar este ensayo es importante contar con los equipos a utilizar y son los mismos del Marshall menos la mordaza de tracción lottman. Los ordenamientos a seguir son los siguientes ver la figura 33:

1. Se tiene que moldear varias probetas con diferentes golpes hasta conseguir fijar que tengan vacíos un promedio de 6 a 8%
2. Des pues que se haya conseguido fijar el % de vacíos con la cantidad de golpes que se requiere para que los testigos registren vacíos de 6 a 8%, se viene a elaborar mezcla asfáltica necesaria así que alcance la cantidad para moldear 8 briquetas, y la mezcla deberá ser ingresada a un horno para su restablecido a una temperatura de 135 °C por 4 horas respectivamente.
3. Previamente de retirar las muestras de asfalto del horno, se deberá trepar la temperatura hasta el rango del valor de compactación de 140 a 145°C y luego compactar 8 testigos de asfalto con el óptimo incluido de cemento asfáltico fijo en el ensayo Marshall.
4. Los ejemplos con los 8 testigos de asfalto con caucho, son elaborados, son desmoldados y se registra el diámetro y grosor (altura), para posteriormente ser ensayados de arreglo a los procedimientos del ensayo Marshall, en donde se deberá fijar los valores: el peso

al aire, peso de la briqueta saturado aparentemente seca en aire después de 10 minutos de saturación y peso de la briqueta saturado aparentemente seca en agua.

5. Establecer el peso específico máximo (RICE)
6. Establecer el peso específico bulk de las 8 briquetas de asfalto
7. Computar el porcentaje de aire
8. Aglomerar las briquetas con proporción de aire promedio
9. Con el primer grupo almacenar las briquetas secas en un sitio apropiada a temperatura ambiente hasta que toque su ensayo.
10. En el segundo grupo saturar por partes en agua con la bomba de vacíos (Rice), considerar la temperatura del agua 25°C, a tiempo y a presión.
11. Saturar con agua fogoso si es necesario a (60°C)
12. Se tiene que Saturar parcialmente en la bomba de vacante (Rice), usando un presión de 70 kilogramos pascales o 525mm Hg o 20 in Hg por un tiempo de 5 minutos (relato 30 segundos)
13. También se tiene que determinar el grado de saturación de las briquetas (pesando al aire, y en el agua).
14. El grado de saturación saldo que debe estar entre 55 % a 80 %. Si se obtiene más del 80 % el espécimen a sido dañado y se debe descartar para que se reponga.
15. Tener cuidado que si las briquetas está sometida a congelamiento y deshielo cada especímenes saturado se mete en una bolsa de plástico con 3 ml de agua sellar y transportar a la congeladora a  $-18 \pm 2^\circ\text{C}$  por 15 horas

16. Luego transportar al baño maría a  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas tiempo requerido, sacar las muestras y dejar 3 minutos al aire fresca y sacar las bolsas.

17. Luego Transportar al baño de agua fría a  $25^{\circ}\text{C}$  por 1 hora, luego a ensayar las briquetas saturadas sacando uno por uno.

18. Las modelos secas transportar a baño de agua fría a  $25^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos

19. Establecer el esfuerzo a la tensión en la prensa Marshall de ambas muestras a  $25^{\circ}\text{C}$ , usando una velocidad de 2" por minuto inclusive que el especímenes se fracture. El espécimen debe fracturar y estar a la mira el grado de cohesión en la mezcla y tipo de falla. En la siguiente imagen se observa los resultados obtenidos. ver en el anexo L

4.8.3.3. Resultado del ensayo estándar para la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad ver el anexo L

#### ***3er objetivo, Resultados del ensayo LOTTMAN (NORMA ASTM D 4867)***

Resultados del ensayo lottman, la conclusión es que a mayor porcentaje de caucho el valor de la Razón del esfuerzo a la tensión - TSR, disminuye.

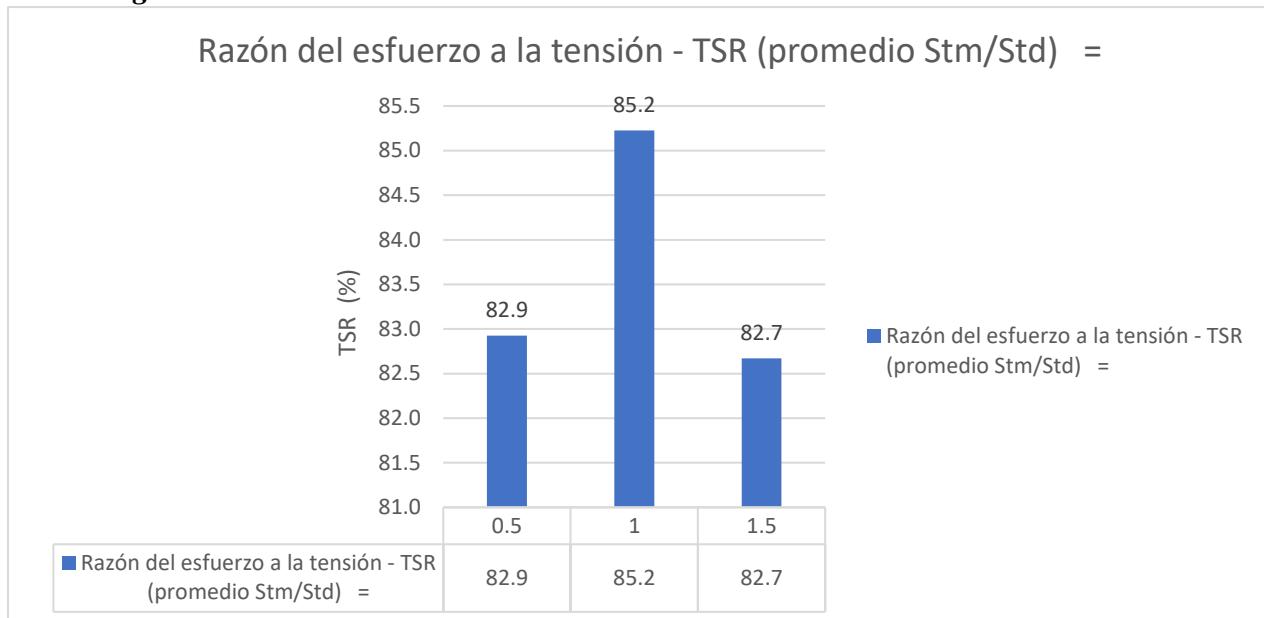
Se moldeo 3 probetas con caucho al 0.5%, con 1.0% y al 1.5% respectivamente.

**TABLA 47. RESULTADO DE ENSAYO LOTTMAN**

DESCRIPCIÓN	CAUCHO %	0.50%	1.00%	1.50%
Porcentaje de caucho				
Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio Stm/Std) =		82.9	85.2	82.7

*Fuente: elaboracion propia*

**Figura 37**



Fuente: elaboracion propia

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo de suficiencia profesional buscó determinar la influencia de la aplicación del caucho en el diseño de pavimento se asfaltico superpave TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga. se comprobó que la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm influye en el flujo (deformación) mejorando su capacidad de recuperación elástica, dado que se verifico que a mayor porcentaje de caucho el valor del flujo disminuye, mejorando el índice de rigidez y haciéndolo menos susceptible a las deformaciones plásticas. En las pruebas de laboratorio se comprobó que el patrón se obtuvo un ESTABILIDAD promedio de 11.3 kN equivalente a 1152.9 kgf y al aplicar los porcentajes de caucho de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la combinación de agregados para la fabricación MAC con caucho se obtuvieron ESTABILIDADES promedios de mezcla asfáltica compactada de 12.7 kN, 10.7 kN, 10.3 kN respectivamente. Es decir, la aplicación del caucho en el diseño de pavimento asfaltico superpave TNM 19mm incluye en la mitigación de la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta- Callao.

2. En el presente trabajo de suficiencia profesional se buscó determinar la influencia de la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfaltico superpave TNM 19mm mejorara la deformación permanente. Se comprobó en el ensayo de rueda de Hamburgo realizado al diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm aplicando un óptimo de 0.5% de caucho se obtuvo una profundidad de ahuellamiento de 6.18 mm, cuyo valor está por debajo del máximo especificado 12.5, por lo tanto, se concluye que la dosis óptima de 0.5% de caucho aplicado mejora el desempeño del pavimento asfáltico a la deformación permanente y fatiga.

. Es decir, la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfaltico superpave TNM 19mm mejorara la deformación permanente en la av. Gambetta, Callao.

3. En el presente trabajo de suficiencia profesional se buscó determinar la influencia de la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mitigar la fatiga. Se comprobó la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm con los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%, también se verificó que el porcentaje de vacíos de aire se mantiene en el rango de 3% a 5%; por lo tanto, el caucho no altera significativamente la relación de vacíos de aire. Es decir, la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm incluye en la mitigación de la fatiga en la av. Gambetta, Callao.

4. En el presente trabajo de suficiencia profesional se buscó determinar la influencia de la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mejorar la resistencia a la tensión indirecta y daño por humedad inducida. Se comprobó que se obtuvo un ESTABILIDAD promedio de 11.3 kN equivalente a 1152.9 kgf y al aplicar los porcentajes de caucho de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la combinación de agregados para la fabricación MAC con caucho se obtuvieron ESTABILIDADES promedios de mezcla asfáltica compactada de 12.7 kN, 10.7 kN, 10.3 kN respectivamente, por lo que se pudo verificar que el caucho influye en el comportamiento físico-mecánico, disminuyendo la estabilidad al añadir mayores porcentajes de caucho. Es decir, la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm incluye en la resistencia a la tensión indirecta y daño por humedad inducida en la av. Gambetta, Callao.

## DISCUSIONES

En el objetivo general se comprobó que la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm influye en el flujo (deformación) mejorando su capacidad de recuperación elástica, dado que se verificó que a mayor porcentaje de caucho el valor del flujo disminuye, mejorando el índice de rigidez y haciéndolo menos susceptible a las deformaciones plásticas. En las pruebas de laboratorio se comprobó que el patrón se obtuvo un ESTABILIDAD promedio de 11.3 kN equivalente a 1152.9 kgf y al aplicar los porcentajes de caucho de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la combinación de agregados para la fabricación MAC con caucho se obtuvieron ESTABILIDADES promedios de mezcla asfáltica compactada de 12.7 kN, 10.7 kN, 10.3 kN respectivamente. Es decir, la aplicación del caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm incluye en la mitigación de la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta- Callao.

El presente estudio coincide con los resultados obtenidos por Huamán y Ramírez (2019), donde obtuvo como resultado es claro y contundente, ya que los diseños tanto de estabilidad como flujo, la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC, esto tiene comportamiento mecánico que la mezcla asfáltica convencional 60/70 no tiene, finalmente, los resultados de la rueda de Hamburgo nos demuestran que la mezcla modificada con polímeros SBS Betutec IC que tiene una utilidad y caucho molido y un desempeño muy superior respecto a comparación de la mezcla convencional 60/70.

Asimismo, coincide con los resultados obtenidos por Estrada (2017), donde llegó al resultado donde la mezcla convencional se le incorporó aditivo mejorador de adherencia con el propósito de mejorar el comportamiento de la mezcla, asimismo, se presentó un asfalto con la modificación de un polímero (SBS PG 70 -28), finalmente, se determinó que

los ensayos realizados agilizan el desempeño amplio de las mezclas asfálticas respecto a temas de deformación y fatiga ya que son los problemas más frecuentes que se presentan en las mezclas asfálticas.

Por otra parte, no coinciden con los resultados obtenidos por De La Cruz y Porras (2015), se comprobó que los parámetros establecidos por el Método Marshall son insuficientes. Finalmente, el ensayo que se realizó de la rueda de cargada al segundo ensayo, se puso a prueba un segundo diseño, el que mostró mejor performance en el ensayo de la rueda cargada. A este tipo de ahueamiento, se obtuvieron resultados en el umbral de la aprobación, entendiendo el uso de condiciones severas impuestas por el ensayo de la rueda.

En la dimensión 1 denominada deformación. Se comprobó en el ensayo de rueda de Hamburgo realizado al diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm aplicando un óptimo de 0.5% de caucho se obtuvo una profundidad de ahueamiento de 6.18 mm, cuyo valor está por debajo del máximo especificado 12.5, por lo tanto, se concluye que la dosis óptima de 0.5% de caucho aplicado mejora el desempeño del pavimento asfáltico a la deformación permanente y fatiga. Es decir, la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm mejorara la deformación permanente en la av. Gambetta, Callao.

El presente estudio coincide con los resultados obtenidos por Villegas, Aguiar y Loria (2017), donde llegaron a los siguientes resultados siguientes: (a) que los diferentes análisis físico-químico se evaluaron las propiedades de los modificantes y el desempeño de ligante modificado se evaluó por medio de ensayos de deformación permanente y fatiga; (b) la mezcla asfáltica con el agregado de desecho de caucho

mejora el comportamiento del asfalto y de la mezcla asfáltica; (c) disminuye los desechos no biodegradables producidos por los análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros sbs betutec ic y una mezcla asfáltica convencional 60/70

El presente estudio coincide con los resultados obtenidos por Huamán y Ramírez (2019), donde obtuvo como resultado es claro y contundente, ya que los diseños tanto de estabilidad como flujo, la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC, esto tiene comportamiento mecánico que la mezcla asfáltica convencional 60/70 no tiene, finalmente, los resultados de la rueda de Hamburgo nos demuestra que la mezcla modificada con polímeros SBS Betutec IC que tiene una utilidad y caucho molido y un desempeño muy superior respecto a comparación de la mezcla convencional 60/70.

De la misma manera, coincide con los resultados obtenidos por Palma, Ortiz, Ávalos y Castañeda (2015), donde obtuvieron como resultado del uso de estos polímeros en pavimentos trae como consecuencia mejorar el desempeño y alargar el tiempo de vida de los mismos. La incorporación de polímeros, en este caso elastómeros mejora considerablemente las propiedades de los asfaltos convencionales, por consecuencia el comportamiento de la mezcla alargando la vida útil del pavimento, el mismo, que es de manera positiva.

Por otra parte, no coinciden con los resultados obtenidos por Huachua (2017), Concluyeron de la siguiente manera que la determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados y del cemento, diseño de la mezcla patrón, diseño de mezclas de prueba, diseño de mezclas de concreto con adición sustitutoria de agregado

fino por partículas de caucho reciclado en 10%, 15%, y 20%, determinación de la resistencia del concreto adicionado.

En la dimensión 2 denominada fatiga. Se comprobó la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico SUPERPAVE TNM 19 mm con los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%, también se verificó que el porcentaje de vacíos de aire se mantiene en el rango de 3% a 5%; por lo tanto, el caucho no altera significativamente la relación de vacíos de aire. Es decir, la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm incluye en la mitigación de la fatiga en la av. Gambetta, Callao.

El presente estudio coincide con los resultados obtenidos por Huamán y Ramírez (2019), donde obtuvo como resultado es claro y contundente, ya que los diseños tanto de estabilidad como flujo, la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC, esto tiene comportamiento mecánico que la mezcla asfáltica convencional 60/70 no tiene, finalmente, los resultados de la rueda de Hamburgo nos demuestra que la mezcla modificada con polímeros SBS Betutec IC que tiene una utilidad y caucho molido y un desempeño muy superior respecto a comparación de la mezcla convencional 60/70.

Igualmente, coincide con los resultados obtenidos por Palma, Ortiz, Ávalos y Castañeda (2015), donde obtuvieron como resultado del uso de estos polímeros en pavimentos trae como consecuencia mejorar el desempeño y alargar el tiempo de vida de los mismos. La incorporación de polímeros, en este caso elastómeros mejora considerablemente las propiedades de los asfaltos convencionales, por consecuencia el comportamiento de la mezcla alargando la vida útil del pavimento, el mismo, que es de manera positiva.

Por otra parte, no coinciden con los resultados obtenidos por Paiva (2019), presente dar un uso al caucho reciclado de neumáticos y brindarle sus propiedades al diseño de mezcla.

En la dimensión 3 denominada resistencia, tensión indirecta. Se comprobó patrón se obtuvo un ESTABILIDAD promedio de 11.3 kN equivalente a 1152.9 kgf y al aplicar los porcentajes de caucho de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la combinación de agregados para la fabricación MAC con caucho se obtuvieron ESTABILIDADES promedios de mezcla asfáltica compactada de 12.7 kN, 10.7 kN, 10.3 kN respectivamente, por lo que se pudo verificar que el caucho influye en el comportamiento físico-mecánico, disminuyendo la estabilidad al añadir mayores porcentajes de caucho. Es decir, la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm incluye en la resistencia a la tensión indirecta y daño por humedad inducida en la av. Gambetta, Callao.

El presente estudio coincide con los resultados obtenidos por Huamán y Ramírez (2019), donde obtuvo como resultado es claro y contundente, ya que los diseños tanto de estabilidad como flujo, la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC, esto tiene comportamiento mecánico que la mezcla asfáltica convencional 60/70 no tiene, finalmente, los resultados de la rueda de Hamburgo nos demuestra que la mezcla modificada con polímeros SBS Betutec IC que tiene una utilidad y caucho molido y un desempeño muy superior respecto a comparación de la mezcla convencional 60/70.

El presente estudio no coincide con los resultados obtenidos por Moreno (2011), Se utilizaron dos mezclas asfálticas con la incorporación de un mejorador de adherencia, utilizando distintos métodos de compactación para luego ser ensayadas en

distintas condiciones, una en seco y otra con agua para establecer una comparación de resultados. Utilizando un aditivo mejorador de adherencia el cual contribuye en que las diferencias en resultados sean mínimas.

Del mismo modo, el presente estudio no coincide con los resultados obtenidos por Estrada (2016), Concluyó que el 5%, 10% y 15% del volumen del agregado fino (arena) con el mismo porcentaje de polvo de neumáticos fuera de uso (PNFU) fino (0-0.6mm) y grueso (0.5-2.5mm). Ambos tipos de hormigones resultantes fueron ensayados con pruebas a compresión, flexión, densidad, porosidad y absorción capilar y luego comparados con un hormigón de referencia. En ambos casos se aprecia una reducción en todas las propiedades en proporción con las cantidades de PNFU sustituidas, pero en menor medida con las partículas de caucho gruesas.

## RECOMENDACIONES

### **Primera:**

Se recomienda a las autoridades del Callao, fortalecer las políticas referidas la aplicación del caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mitigar la deformación permanente y fatiga en la av. Gambetta- Callao, el cual, debe tener integración y estímulo a para usar caucho reciclado en un porcentaje a 1.0 % a mayor porcentaje de caucho, ya que este incluye en la densidad y disminuye en el porcentaje del vacío, incrementa para dar una buena estabilidad a la mezcla asfáltica cuando ya esté colocada.

### **Segunda:**

Se recomienda a las autoridades del Callao, que adopten estrategias concretas referidas la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm mejorara la deformación permanente en la av. Gambetta, se debe realizarse ensayo vida la fatiga esto t321 para verificar la resistencia y desempeño para verificar la resistencia de la mezcla asfáltica y desempeño frente efectos agrietamiento piel de cocodrilo y poder verificar si el caucho incluye mejorando estas propiedades en la mezcla asfáltica.

### **Tercera:**

Se recomienda a las autoridades del Callao, que adopten políticas concretas para ayudar a promover la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mitigar la fatiga en las pistas de la proveniencia Constitucional del Callao. Las razones para implementación de pavimentos con caucho reciclado, existentes factores que afectan el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas. En otras palabras, las ventajas del uso del caucho reciclado para el mejoramiento de los pavimentos son muchos. El cual, puede beneficiar a los usuarios de las pistas de Lima y Callao.

**Cuarta:**

Se recomienda a las autoridades del Callao, que adopten medidas concretas respecto a la aplicación de caucho en el diseño de pavimento asfáltico superpave TNM 19mm para mejorar la resistencia a la tensión indirecta y daño por humedad inducida. La aplicación del caucho en los pavimentos asfálticos por vía seca no debe ser mayor al 1% ni menor al 0.5%, ya que al aplicar un porcentaje de caucho mayor al 1% este tiende a disminuir la estabilidad y aumentar los vacíos del pavimento asfáltico, haciéndolo más susceptible al desgaste. Finalmente, se debería de usar como valor óptimo la aplicación de 0.5% de caucho por vía seca en los pavimentos asfálticos, ya que cuyo valor muestra mejores resultados de comportamiento físico-mecánico y permite alargar la vida útil del pavimento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Añutuna, M. (2009). Aplicación de caucho. <https://bit.ly/2RneqPl>
- Bilmer, S. (2020). Caucho molido. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr>
- Botasso H. G. et al. (2010). Manual de arquitecto descalzo. books.google.com.pe › books
- Beigbeder, F. (1997), Diccionario politécnico de las lenguas española e inglesa. books.google.com.pe › books
- Carrasco, M. (2014). Análisis y diseño asfáltica. books.google.com.pe
- Construcción (2013). Mezcla asfáltica. <https://bit.ly/3uSXgrl>
- De La Cruz y Porras (2015). Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología marshall con el ensayo de la rueda cargada de hamburga para el proyecto de rehabilitación de la carretera dv imperial-pampas <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz>
- Dovisoso (2018). Ciencias del polímero: <https://bit.ly/3tLl4wd>
- El Manual de carreteras (2013). Manual de carreteras. <https://bit.ly/3yp9BpE>
- Estrada, M. (2017). Asfalto. <https://bit.ly/3oj9N4W>
- Estrada, M. (2016). Polímeros, cemento. <https://bit.ly/3oj9N4W>
- El MTC (2013)-carreteras ministerio de trasportes. <https://bit.ly/3tLl4wd>
- Flores, M. (2017). Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo para el mantenimiento predictivo del proceso de extrusión de tubería en PVC. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia
- Harrigan, (2011). Estrategia de construcción. <http://dx.doi.org/10.2916/inter.7.2.8>
- Hernández, R. (2006), Metodología de la investigación (4a Ed). México, D. F.: McGraw Hill.
- Hernández-Sampieri, R y Mendoza, T. (2010). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Derechos reservados © respecto a la primera edición por: mcgraw-hill interamericanas editores, s.a. de c. v
- Huamán y Ramírez (2019). “análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros sbs betutec ic y una mezcla asfáltica convencional 60/70, de la universidad Privada del Norte Perú (tesis para optar el grado académico de Ingeniero).
- Huachua, M. (2017). Análisis y evaluación de proyecto. books.google.com.pe › books
- Moreno, H. (2011). Anima de asfalto. books.google.com.pe › books
- Manual de carreteras (2018). Manual de aplicación y casos prácticos. books.google.com.pe › books

Nieto, N. y Rebollo, M. (2009). Procedimiento sancionatorio ambiental. books.google.com.pe › books

ORELLANA, N. (2016). Pavimento flexibles. books.google.com.pe › books

Palma, A. Ortiz, M. Ávalos, B. y Castañeda. M, (2015). Análisis asfáltico. books.google.com.pe › book

Paiva, B. (2019). Diseño acústico asfáltico. books.google.com.pe › books

Plásticos, R.2011). Pavimento: materiales construcción y diseño. books.google.com.pe › books

Pérez, J. (1941). Revista del Banco de la Republica. books.google.com.pe › book

Salamanca, M. (2007). Diario oficial caucho y pavimento. books.google.com.pe › books

Smith y Collins, (1994). Manual de construcción books.google.com.pe

Sánchez, H. y Reyes, C. (2013). *Metodología y Diseños en la investigación científica* (2015) Editorial Visión universitaria, Lima.

Thenoux, Z., et al. (2002), ingeniería de carreteras. books.google.com.pe › books

Villegas, B. Aguiar, M. y Loria, L. (2017), tesis de grado: Universidad Central del Ecuador. books.google.com.pe ›

Vázquez, G. (2015), introducción a la Ingeniería. books.google.com.pe › book

Velásquez, N. y Rey, K. (2013). Metodología de la investigación. books.google.com.pe › book

## ANEXOS

### ANEXO A

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE(MAC)

CONVENCIONAL (PATRON)



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO  
CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO**

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

TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL  
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA  
DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"

SOLICITANTE: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN

Tabla 423-01. Requerimientos para los agregados gruesos

AGREGADO GRUESO

Grava para asfalto TM 1\*

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm) ≤3.000	>3.000	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	1.31	18% máx.	15% máx.	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	18.9	40% máx.	35% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	+ 95%	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	74.0	35% min.	35% min.	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	4.4	10% máx.	10% máx.	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	94 / 86	85/50	90/70	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0332	0.5% máx.	0.5% máx.	Cumple
Absorción *	MTC E 206	0.74	1.0% máx.	1.0% máx.	Cumple

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

.....  
Darwin Grabiéel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

.....  
Darwin Grabiéel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

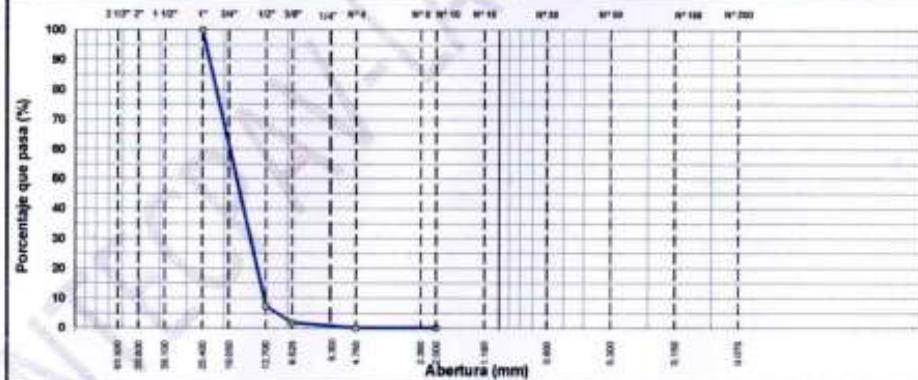
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	1.001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	1.DCN
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 1°	INGR. RESP.	1.DCN
MUESTRA	: M-1	HICHO POR	1.DCN
CANTERA	: Oxiana	FECHA	: 03/08/2021

TAMIZ	ABERT. MM	PESO NET.	UNIT. PARC.	N.MT. AC.	% Q.PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200					PESO TOTAL	= 7.495.0 g
2 1/2"	63.500						
2"	60.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.050	4.616.0	63.5	53.5	46.5		
1/2"	12.700	2.800.0	39.1	92.6	7.4		
3/8"	9.625	426.0	5.6	98.2	1.8		
1/4"	4.760	138.0	1.7	99.9	0.1		
# 8	2.360	2.0	0.0	100.0	0.0		
# 10	2.000	1.0	0.0	100.0	0.0		
FONDO	2.0	0.0	0.0	100.0	0.0		
						% HUMEDAD	P.S.H
						756.0	7465.2 % 8.83
						OBSERVACIONES:	
						Muestra de acepto de planta de asfalto.	
TOTAL		7.495.0					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Grabiél Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Grabiél Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

PROYECTO: TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO 2021"  
SOLICITANTE: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN  
MATERIAL: Grava para asfalto TM 1°  
MUESTRA: M-1  
CANTERA: Chivil

Nº ENSAYO: 1-001  
RESP. LAB.: D.O.N.  
INGR. RESP.: D.O.N.  
HECHO POR: D.O.N.  
FECHA: 10/08/2021

**ANÁLISIS CUANTITATIVO**

**AGREGADO GRUESO**

TAMAÑO	Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada	Nº de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"	-	3000±300	-	-	-	-	-	-
2"	1 1/2"	-	2000±200	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	0.0	1000±50	0	0.0	0.0	0.0	0.00	-
1"	3/4"	53.5	500±30	529.5	525.7	3.8	0.7	0.38	-
3/4"	1/2"	39.1	670±10	675.2	662.1	13.1	2.0	0.77	-
1/2"	3/8"	5.6	330±5	332.7	328.1	4.6	1.4	0.08	-
3/8"	Nº 4	1.7	300±5	302.2	290.2	12.0	4.1	0.07	-
TOTALES		100		1839.6	1806.1			1.31	

OBSERVACIONES: Se empleó Solución: Sulfato de magnesio

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graciela Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graciela Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ENSAYO DE ABRASIÓN  
( MÁQUINA DE LOS ÁNGELES )**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

PROYECTO : TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"  
SOLICITANTE : JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN  
MATERIAL : Grava para asfalto TM 1°  
MUESTRA : M-1  
CANTERA : Gloria

Nº ENSAYO : 001  
RESP. LAB. : D.C.N.  
INGº RESP. : D.C.N.  
HECHO POR : D.C.N.  
FECHA : 02/08/2021

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"		2499.0		
1/2" - 3/8"		2500.0		
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total		4999.0		
(%) Retenido en la malla N° 12.		4055.0		
(%) Que pasa en la malla N° 12		944.0		
Nº de esferas		11		
Peso de las esferas (gr)		4584 ± 25		
% Desgaste		18.9		

OBSERVACIONES :

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Darwin Grábel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Darwin Grábel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ADEHERENCIA DEL AGREGADO GRUESO											
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS											
ASTM D 1664 / MTC E-517											
PROYECTO	TRABAJO POR SURFICIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"										
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN										
MATERIAL	Grava para asfalto TM 1"										
MUESTRA	M-1										
CANTERA	Gloria										
Nº ENSAYO : 001 RESP. LAB. : D.C.N. ING. RESP. : D.C.N. HECHO POR : D.C.N. FECHA : 02/08/2021											
DATOS DE LA MUESTRA											
Cantera	Gloria										
Material	Grava para asfalto TM 1"										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Muestra</th> <th>% Adhesividad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>Sin aditivo</td> <td>&lt; 95%</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>AR RED RADICOTE</td> <td>+ 95%</td> </tr> </tbody> </table>			Material	Muestra	% Adhesividad	Agregado grueso	Sin aditivo	< 95%	Agregado grueso	AR RED RADICOTE	+ 95%
Material	Muestra	% Adhesividad									
Agregado grueso	Sin aditivo	< 95%									
Agregado grueso	AR RED RADICOTE	+ 95%									
<b>Observaciones :</b> Aditivo mejorador de adherencia AR RED RADICOTE empleado en un 0.4% en peso del cemento estásico.											
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>Darwin Graniel Castillo Neyra</i> JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO		INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>Darwin Graniel Castillo Neyra</i> Ingeniero Civil CIP N° 243518									



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ÍNDICE DE DURABILIDAD**

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

MTC E 214 - AASHTO T-216 - ASTM D 3744

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TM 19 MM PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	AP. ENsayo:	004
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	D.C.N.
MATERIAL	Grava para asfalto TM 1°	ING. RESP.	D.C.N.
MUESTRA	M-1	HECHO POR	D.C.N.
CANTERA	Grava	FECHA	02/06/2021

**AGREGADO GRUESO**

MUESTRA	Grava para asfalto TM 1°	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
			1	2	3	4	
Tamaño máximo (pase malla 3/4")	mm						
Hora de entrada a saturación	hh:mm	09:58	09:57	09:50			
Hora de salida de saturación (mas 10')	hh:mm	10:08	10:07	10:09			
Hora de entrada a decantación	hh:mm	10:07	10:09	10:11			
Hora de salida de decantación (mas 20')	hh:mm	10:27	10:29	10:31			
Altura de sedimentación en pulg.	pulg.	1.00	1.16	1.10			
índice de durabilidad	%	74	73	73			74

Observaciones:

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

#### **FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

## **SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA O**

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

**VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO**

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
<b>PROYECTO</b> <b>SOLICITANTE</b> <b>MATERIAL,</b> <b>MUESTRA</b> <b>CANTERA</b>	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACION DE CALICO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"				<b>Nº ENSAYO</b> <b>RESP. LAB.</b> <b>ING. RESP.</b> <b>HECHO POR</b> <b>FECHA</b>		
	: JOSEPH TUCUT INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN					: 001	
	: Grava para asfalto: TM 1"					: D.C.N.	
	: M-1					: D.C.N.	
: Gloria				: D.C.N.			
				: 02/08/2021			
<b>ASTM D 4791</b> <b>"Aggregates Flat or elongated particles in coarse aggregate"</b>							
TAMIZ	Peso retenido por tamiz (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)	
2 1/2" - 2"							
1" - 3/4"	4010.0	185.0	4.6	53.5	246.8		
3/4" - 1/2"	2930.0	125.0	4.3	39.1	166.8		
1/2" - 3/8"	420.0	12.0	2.9	5.6	16.0		
<b>Peso Total (gr.)</b>	<b>7360</b>	<b>322.0</b>		<b>98.2</b>	<b>429.6</b>	<b>4.4</b>	
<b>Observaciones:</b>							
La relación empleada para la determinación es: 1/3 (espesor/ longitud)							
<hr/> <hr/> <hr/>							
<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> 				<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> 			
<b>Darwin Graniel Castillo Neyra</b> <b>Jefe de Laboratorio Suelo y Asfalto</b>				<b>Darwin Graniel Castillo Neyra</b> <b>Ing. Civil Civil</b> <b>CIP N° 243516</b>			



**INTECPAV<sup>®</sup>**  
"CONSTRUYENDO CON TECNOLOGÍA"

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**PORCENTAJE DE CARAS  
FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS**

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

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Grava para asfalto: TM-1	INGR. RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Diversa	FECHA	: 02/08/2021

MTC E 210 - ASTM D 5821

**CON UNA CARA FRACTURADA**

TAMAÑO DEL AGREGADO	PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)/(D) (%)	(E)/(D)
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	
1"	3/4"	4010.0	3895.0	97.1	53.5	5196.6
3/4"	1/2"	2930.0	2715.0	92.7	39.1	3822.2
1/2"	3/8"	420.0	275.0	65.5	5.6	366.7
<b>TOTAL</b>		<b>7360.0</b>	<b>2990.0</b>		<b>98.2</b>	<b>9185.4</b>
						<b>94</b>

**CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS**

TAMAÑO DEL AGREGADO	PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)/(D) (%)	(E)/(D)
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	
1"	3/4"	4010.0	3650.0	91.0	53.5	4869.7
3/4"	1/2"	2930.0	2512.0	85.7	39.1	3351.3
1/2"	3/8"	420.0	165.0	39.3	5.6	220.0
<b>TOTAL</b>		<b>7360.0</b>	<b>6327.0</b>		<b>98.2</b>	<b>8441.0</b>
						<b>86</b>

OBSERVACIONES:

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**CONTENIDO DE SALES  
SOLUBLES EN AGREGADOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC 219 - 2000

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 1"	INGº RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/08/2021

**AGREGADO GRUESO**

ENSAYO N°	IDENTIFICACION				%
	1	2	3	Promedio	
(1) Peso muestra (gr)	158.00	147.00	142.00		
(2) Volumen aforo (ml)	500.00	500.00	500.00		
(3) Volumen alicuota (ml)	100.00	100.00	100.00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.01	0.01	0.01		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100 \times (3 \times 1) / (4 \times 2))$	0.0291	0.0344	0.0363	0.0332	%

Observaciones : \_\_\_\_\_

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**  
*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**  
*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
(NORMA AASHTO T-44, T-85)					
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
PROYECTO	TRABAJO POR EFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	1 001		
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	1.D.C.N.		
MATERIAL	1 Grava para asfalto: TM-11	IND. RESP.	1.D.C.N.		
MUESTRA	1 M-1	HECHO POR	1.D.C.N.		
CANTERA	1 Grava	FECHA	1/09/2021		
DATOS DE LA MUESTRA					
AGREGADO GRUESO					
A	Peso material saturado superficialmente seco [en aire] (gr)	1460.2	1460.2	1460.2	
B	Peso material saturado superficialmente seco [en agua] (gr)	824.9	824.1	825.1	
C	Volumen de masa = volumen de vacío = A-B (cm <sup>3</sup> )	523.3	520.1	524.1	
D	Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)	1407.2	1405.7	1408.6	
E	Volumen de masa = C-(A-D) (cm <sup>3</sup> )	512.3	511.6	513.8	PROMEDIO
phi bulk (Base seca) = D/C	2.746	2.750	2.746	2.747	cm
phi bulk (Base saturada) = A/C	2.783	2.770	2.765	2.768	cm
phi Aparente (Base seca) = D/E	2.808	2.806	2.802	2.804	cm
% de absorción = ((A-D)/D * 100)	0.77	0.73	0.74	0.74	%
OBSERVACIONES:					
El porcentaje de Absorción es de (%) 0.74					
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>[Signature]</i> ----- Darwin Graniel Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO			INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>[Signature]</i> ----- Darwin Graniel Castillo Neyra Ingiero Civil CIP N° 243518		



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

#### **FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

## **SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES**

#### **SENALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRIL**

## **VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO**

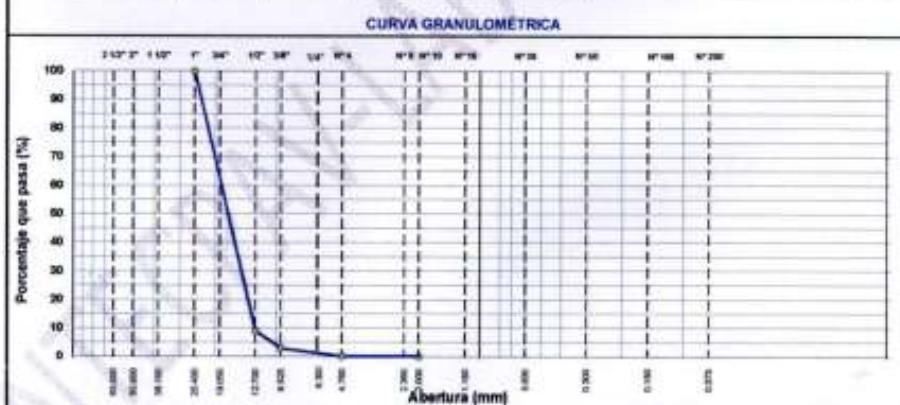
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

<b>PROYECTO</b>	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPER-PAV TM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBIETA-CALLAO-2021"	<b>Nº ENSAYO</b>	1003
<b>SOLICITANTE</b>	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ANGEL CARDENAS HUAMAN	<b>RESP. LAB.</b>	DOCR
<b>MATERIAL</b>	: Grava para asfalto TM 1"	<b>ING. RESP.</b>	DOCN
<b>MUESTRA</b>	: M-2	<b>HECHO POR</b>	DOCN
<b>CANTERA</b>	: Gross	<b>FECHA</b>	02/09/2021

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO NET.	PESO PARC.	PESO AC.	% ID. PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				
3"	76.200					PESO TOTAL = 11.350.0 g				
2 1/2"	63.500									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400	8.8	0.0	0.0	100.0					
3/4"	19.850	3.825.0	47.0	47.0	53.0					
1/2"	13.700	3.680.0	64.1	61.1	9.9					
5/8"	9.525	486.0	5.9	57.0	3.0					
# 4	4.760	340.0	3.9	89.9	0.1					
# 8	2.360	5.0	0.1	89.8	0.1					
# 10	2.000	2.0	0.0	100.0	0.0					
FONDO	3.0	0.0	100.0	0.0						
						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S.	% Humedad	
							8065.0	8980.0	7%	4.2
						OBSERVACIONES:				
						Maestro de escopia de planta de astillero.				
TOTAL		8.350.0								



INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*alvarez*  
-----  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

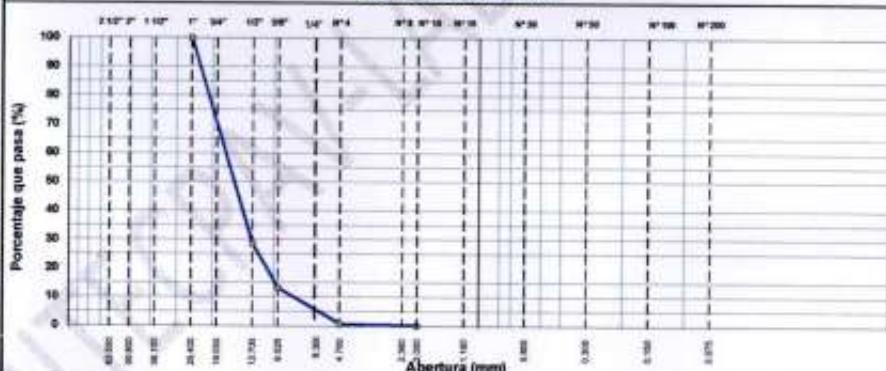
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

PROYECTO	TRABAJO POR EFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"					Nº ensayo	1.001
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN					RESP. LAB.	E.D.C.N.
MATERIAL	Grava para asfalto: TM 1"					INGR. RESP.	E.D.C.N.
MUESTRA	M-3					HECHO POR	E.D.C.N.
CANTERA	Gana					FECHA	16/08/2021
TAMIZ	ABERT. MM.	PESO RET.	% M. PARC.	% M. AC.	% Q. PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200					PESO TOTAL	8.090,0 g
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0,8	0,0	0,0	100,0		
3/4"	19.050	1.875,0	23,2	23,2	76,6		
1/2"	12.700	3.805,0	48,3	71,0	26,5		
3/8"	9.525	1.250,0	15,5	86,9	13,1		
5/16"	4.780	1.005,0	12,4	99,3	0,7		
3/16"	2.360	35,0	0,4	99,5	0,3		
1/8"	2.000	0,0	0,1	99,8	0,2		
FONDO	15,0	0,3		100,0	0,0		
						% HUMEDAD	P.S.H
						8110,0	8880,0
						%	8,2
						OBSERVACIONES:	
						Muestra de escoria de planta de asfalto.	
TOTAL		8.090,0					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO													
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS													
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88													
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19MM PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"					Nº ENSAYO:	1004						
SOLICITANTE	Joseph Tucto Inga / José Ángel Cárdenas Huamán					RESP. LAB.	D.C.N						
MATERIAL	Grava para asfalto TM 1"					INFO RESP.	D.C.N						
MUESTRA	M-4					HECHO POR	D.C.N						
CANTERA	Cerro					FECHA	03/06/2021						
TAMIZ	ABERTURA MM	PESO RET.	GRIT. PARC.	SPR. AC.	% DE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
3"	76.200					PESO TOTAL = 6.420,0 gr							
2 1/2"	63.500												
2"	50.600												
1 1/2"	38.100												
1"	25.400	0,0	0,0	0,0	100,0								
3/4"	19.050	1,985,0	25,9	25,9	74,1								
1/2"	12.700	3,138,0	48,8	74,8	25,2								
3/8"	9.525	845,0	13,2	87,9	12,1								
# 4	4.780	745,0	11,6	99,5	0,5								
# 8	2.380	16,0	0,2	99,7	0,3								
# 10	2.000	4,8	0,1	99,7	0,3								
FONDO	16,0	0,3	100,0	0,0									
							% H. MEDIDA	P.S.H	P.S.S	% Humedad			
							9400,0	6420,0	%	8,2			
OBSERVACIONES:							Muestra de acecho de planta de asfalto.						
TOTAL							6.420,0						
CURVA GRANULOMÉTRICA													
Porcentaje que pasa (%)	3 1/2" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" # 4 # 8 # 10 # 20 # 40 # 60	100	80	60	40	20	0						
	0,00 10,00 20,00 30,00 40,00 50,00 60,00 70,00 80,00 90,00 100,00 110,00 120,00 130,00 140,00 150,00 160,00 170,00 180,00 190,00 200,00												
	Abertura (mm)												
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.							INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.						
<i>Darwin Grábel Castillo Neyra</i> Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto							<i>Darwin Grábel Castillo Neyra</i> Ing. Civil CIP N° 243518						

## ANEXO B

### AGREADO GRUESO

Grava Chancada TM  $\frac{3}{4}$ " para asfalto

Cantera Gloria



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO  
CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO**

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

TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL  
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA  
DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"

SOLICITANTE: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN

Tabla 423-01. Requerimientos para los agregados gruesos

AGREGADO GRUESO

Grava para asfalto TM 3M™

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm) ≤3.000	>3.000	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	2.67	18% máx.	15% máx.	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	0.2	40% máx.	35% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	+ 95%	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	76.0	35% min.	35% min.	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	8.7	10% máx.	10% máx.	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	91 / 81	85/50	90/70	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0690	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción *	MTC E 206	0.72	1,0% máx.	1,0% máx.	Cumple

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

\*Darwin Grábel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

\*Darwin Grábel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

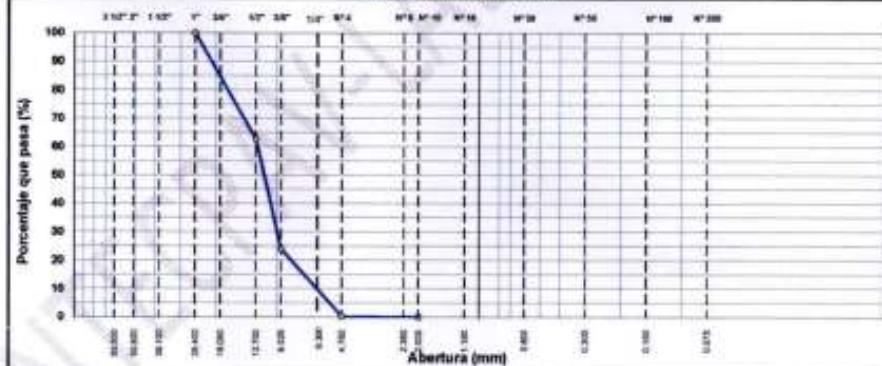
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

PROYECTO	TRABAJO POR PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	J JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 34"	IND. RESP.	: D.C.N
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N
CANTERA	: Grava	FECHA	: 03/06/2021

TAMIZ	ABRIT. MM	PESO NET.	%NET. PAR.	%NET. AC.	% Q.FASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 5.856,0 g
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	28.400	0,0	0,0	0,0	100,0		
3/4"	18.200	0,0	0,0	0,0	100,0		
1/2"	12.700	2.216,8	37,2	37,2	82,8		
5/8"	9.525	2.396,8	38,8	76,1	23,9		
3/4"	4.760	1.408,0	23,7	99,8	0,2		
5/8"	2.360	10,0	0,2	99,8	0,1		
3/8"	2.000	4,0	0,1	100,0	0,0		
FONDO	1,0	0,0	100,0	0,0			
						% HUMEDAD	P.S.H. 5845,0 P.S.S. 5850,0 % 0,2
							OBSERVACIONES:
							Muestra de acopio de planta de asfalto.
TOTAL		5.935,0					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grábel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grábel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104									
<b>PROYECTO:</b> TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021" <b>SOLICITANTE:</b> JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN <b>MATERIAL:</b> Grava para asfalto TM 34 <b>MUESTRA:</b> M-1 <b>CANTERA:</b> Grava							<b>Nº ENSAYO:</b> 1331		
							<b>RESP. LAB.:</b> I.D.C.N		
							<b>IMQ<sup>®</sup> RESP.:</b> I.D.C.N		
							<b>HICHO POR:</b> I.D.C.N		
							<b>FECHA:</b> 10/08/2021		
ANÁLISIS CUANTITATIVO									
AGREGADO GRUESO									
TAMAÑO	Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada	Nº de partículas	Peso rel. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
Pasa	Retiene					Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"	-	3000±300	-	-	-	-	-	-
2"	1 1/2"	-	2000±200	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	0.0	1000±50	0	0.0	0.0	0.0	0.00	-
1"	3/4"	0.0	500±30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	-
3/4"	1/2"	37.2	670±10	678.2	665.1	13.1	2.0	0.73	-
1/2"	3/8"	38.8	330±5	334.5	324.1	10.4	3.2	1.25	-
3/8"	Nº 4	23.9	300±5	304.7	296.2	8.5	2.9	0.69	-
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>		<b>1317.4</b>	<b>1295.4</b>			<b>2.67</b>	
OBSERVACIONES: Se empleó Solución: Sulfato de magnesio									
<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> <i>Darwin Grabil Castillo Neyra</i> <small>JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO</small>					<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> <i>Darwin Grabil Castillo Neyra</i> <small>Ing. Civil CIP N° 243516</small>				



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ENSAYO DE ABRASIÓN  
(MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"	INGR. RESP.	: D.C.N
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/08/2021

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"	1251.0			
1/2" - 3/8"	1250.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total	5001.0			
(%) Retenido en la malla N° 12	3982.0			
(%) Que pasa en la malla N° 12	1009.0			
Nº de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	20.2%			

OBSERVACIONES :

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ADEHERENCIA DEL AGREGADO GRUESO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ASTM D 1664 / MTC E-517

PROYECTO	: TRABAJO POR SURFICIA PROFESIONAL: "APLICACION DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"	ING. RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/08/2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : Gloria  
Material : Grava para asfalto TM 3/4"

Material	Muestra	% Adhesividad
Agregado grueso	Sin aditivo	< 95%
Agregado grueso	AR RED RADICOTE	+ 95%

**Observaciones :**

Aditivo mejorador de adherencia AR RED RADICOTE empleado en un 0.4% en peso del cemento asfáltico.

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
*[Signature]*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
*[Signature]*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

 <p><b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b></p> <p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO</p>						
<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744						
<p>PROYECTO : TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"</p> <p>SOLICITANTE : JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN</p> <p>MATERIAL : Grava para asfalto: TM 3/4"</p> <p>MUESTRA : M-1</p> <p>CANTERA : Gloria</p> <p>Nº ENSAYO : 001 RESP. LAB. : D.C.N. ING. RESP. : D.C.N. HECHO POR : D.C.N. FECHA : 02/08/2021</p>						
AGREGADO GRUESO						
MUESTRA : Grava para asfalto: TM 3/4"	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla 3/4")	mm					
Hora de entrada a saturación	N/mm	10.35	10.37	10.39		
Hora de salida de saturación (más 10")	N/mm	10.45	10.47	10.49		
Hora de entrada a decantación	N/mm	10.47	10.49	10.51		
Hora de salida de decantación (más 20")	N/mm	11.07	11.09	11.11		
Altura de sedimentación en pulg.	pulg.	0.95	0.90	1.00		
Índice de durabilidad	%	75	77	75		76
Observaciones:						
<p style="text-align: center;">INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Graciel Castillo Neyra Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto</p>		<p style="text-align: center;">INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Graciel Castillo Neyra Ingeniero Civil C.P. N° 243516</p>				



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS**  
**FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
**SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES**  
**SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS**  
**VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO**

# PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACION DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBIETA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CARDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"	INGº RESP.	: D.C.A.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gkreia	FECHA	: 02/08/2021

### ASTM D 4791

"Aggregates Flat or elongated particles in coarse aggregate"

TAMIZ	Peso retenido por tamiz (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2 1/2" - 2"						
1" - 3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3/4" - 1/2"	2210,0	215,0	9,7	39,1	380,3	
1/2" - 3/8"	2305,0	42,0	1,8	5,6	10,2	
<b>Peso Total (gr.)</b>	<b>4515</b>	<b>257,0</b>		<b>44,7</b>	<b>390,5</b>	<b>8,7</b>

Observaciones:

La relación empleada para la determinación es: 1/3 (espesor/ longitud)

---



---



---

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Ing. Civil  
C.I.P N° 243518



**INTECPAV® S.A.C.**  
"CONSTRUYENDO CON TECNOLOGÍA"

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**PORCENTAJE DE CARAS**

**FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS**

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

TRABAJO POR SUSCENCIÓN PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE  
PROYECTO : PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y  
FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"

SOLICITANTE : JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN

MATERIAL : Grava para asfalto TM 34"

MUESTRA : M-1

CANTERA : Gloria

Nº ENSAYO : 001

RESP. LAB. : D.C.N.

ING° RESP. : D.C.N.

HECHO POR : D.C.N.

FECHA : 02/08/2021

**MTC E 210 - ASTM D 5821**

**CON UNA CARA FRACTURADA**

TAMAÑO DEL AGREGADO PASA TAMIZ	REtenido en TAMIZ	PESO POR MALLAS (A) (g)	1 CARA FRACTURADA (B) (g)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)/(D) (%)	(E)/(D)
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3/4"	1/2"	2210.0	2115.0	95.7	37.2	3862.9	
1/2"	3/8"	2305.0	1978.0	85.7	38.8	3327.9	
<b>TOTAL</b>		<b>4515.0</b>	<b>4090.0</b>		<b>78.1</b>	<b>8891.9</b>	<b>91</b>

**CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS**

TAMAÑO DEL AGREGADO PASA TAMIZ	REtenido en TAMIZ	PESO POR MALLAS (A) (g)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (g)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)/(D) (%)	(E)/(D)
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3/4"	1/2"	2210.0	1893.0	85.7	37.2	3189.8	
1/2"	3/8"	2305.0	1785.0	77.4	38.8	3007.8	
<b>TOTAL</b>		<b>4515.0</b>	<b>3678.0</b>		<b>78.1</b>	<b>6197.6</b>	<b>81</b>

OBSERVACIONES:

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO**

## **CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC 219 - 2000

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.R.
MATERIAL	: Grava para asfalto: TM 3/4"	INGR. RESP.	: D.C.H.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/08/2021

**AGREGADO GRUESO**

MUESTRA :	IDENTIFICACION				
	1	2	3	Promedio	
ENSAYO N°					
(1) Peso muestra (gr)	158.00	147.00	142.00		
(2) Volumen alforo (ml)	500.00	500.00	500.00		
(3) Volumen aliquota (ml)	100.00	100.00	100.00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.02	0.02	0.02		
(5) Porcentaje de sales (%) (100((3)(1))(4)(2)))	0.0671	0.0684	0.0715	0.0690	%

**Observaciones :**

**INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.**

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

**Darwin Gabriel Castillo Neyra**  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil

**Darwin Gabriel Castillo Neyra**  
Ingeniero Civil



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
(NORMA AASHTO T-64, T-46)						
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PROYECTO	TRABAJO POR PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA- CALLAO-2021"					Nº ENSAYO : 1001
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN					RESP. LAB. : D.O.N.
MATERIAL	Gres para asfalto "TM 1"					INGR. RESP. : D.O.N.
MUESTRA	M-1					HECHO POR : D.O.N.
CANTERA	Gres					FECHA : 10/06/2021
DATOS DE LA MUESTRA						
AGREGADO GRUESO						
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1500.3	1500.2	1500.2		
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	956.5	956.1	956.1		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	544.8	544.1	544.1		
D	Peso material seco en esfula (105 °C) (gr)	1488.6	1488.5	1488.4		
E	Volumen de masa = C - (A - B) (cm <sup>3</sup> )	534.1	533.4	533.3	PROMEDIO	
Pe bulk / Base seca ) = D/C	2.734	2.739	2.737	2.736	mm	
Pe bulk / Base saturada ) = A/C	2.754	2.757	2.757	2.758	mm	
Pe Aparente (Base seca ) x D/E	2.789	2.792	2.793	2.791	mm	
% de absorción = [(A - D) / D * 100]	0.72	0.72	0.73	0.72	%	
OBSERVACIONES:						
El porcentaje de Absorción es de (%) 0.72						
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>Darwin</i> ----- Darwin Grábel Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO			INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>Darwin</i> ----- Darwin Grábel Castillo Neyra Ingeniero Civil C.I.P N° 245518			



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
PROYECTO	TRABAJO POR PROFESIONAL "APLICACIÓN DEL CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"					Nº ENSAYO	1.000
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN					RESP. LAB.	1.D.C.N
MATERIAL	Cía para arena TM SHF					IND. RESP.	1.D.C.N
MUESTRA	M-3					HECHO POR	1.D.C.N
CANTERA	Cía					FECHA	02/06/2021
TAMIZ	ABR. (mm)	PESO (g)	QUANT. PARC.	QUANT. AC.	% Q.PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200					PESO TOTAL = 7.876,0 g	
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.8	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.050	0.8	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.700	1.683,0	19.9	19.9	99.1		
3/8"	9.525	2.340,0	29.3	49.2	50.8		
1/4"	4.750	2.660,0	45.9	95.1	4.8		
1/8"	2.380	380,8	4.5	99.6	0.4		
1/16"	2.000	6,8	0.1	99.7	0.3		
FONDO	26,6	0.3	100.0	0.0			
						% HUMEDAD = 7.866,0 / 7.876,0 = 0.3	
OBSERVACIONES: Muestra de arena de planta de asfalto.							
TOTAL		7.876,0					
CURVA GRANULOMÉTRICA							
Porcentaje que pasa (%)	100	90	80	70	60	50	
	5 1/2"	3 1/2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	
	3/8"	1/4"	1/8"	1/16"	1/32"	1/64"	
	1/128"	1/256"	1/512"	1/1024"	1/2048"	1/4096"	
Abertura (mm)	40,000	31,416	23,885	17,782	12,700	8,854	
	6,250	4,437	3,142	2,226	1,544	1,094	
	0,774	0,537	0,377	0,264	0,183	0,129	
	0,059	0,040	0,028	0,019	0,013	0,009	

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grábel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grábel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

#### **FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

#### **SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES**

## **SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS**

SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

<b>PROYECTO</b>	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TMM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBEA-CALLAO-221"	
<b>SOLICITANTE</b>	JOSÉMIR TUOTO INIJA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	Nº ENSAYO : GM
<b>MATERIAL</b>	Grava para asfalto: TM SHF	RESP. LAB. : D.C.N
<b>MUESTRA</b>	N-4	INGº RESP. : D.C.N
<b>CANTERA</b>	Obras	HECHO POR : D.C.N
		FECHA : 03/06/2001

TAMZ	AMBERT mm.	PESO NET.	%NET. PANC.	%NET. AC.	% S/PAS.		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	76.200						PESO TOTAL = 4.205,5 gr		
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400	6,9	0,0	0,0	100,0				
3/4"	19.050	6,9	0,0	0,0	100,0				
1/2"	12.700	885,9	20,0	20,0	79,4				
3/8"	9.525	1.230,0	29,3	49,8	50,2				
# 4	4.760	1.960,0	46,4	38,2	3,6				
# 5	2.360	150,0	3,6	29,8	0,2				
# 10	2.000	6,0	0,1	99,9	0,1				
FONDO	5,0	0,1	100,0	0,0					
						% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S	% Humedad
						6200,0	4200,0	7%	8,4
						OBSERVACIONES:			
						Muestra de arena de la planta de asfalto.			
TOTAL		4.205,0							



**INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.**

*Blue of*  
Darwin Graniel Castillo Neyra

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
Prestador de Servicios

## ANEXO C

### AGREGADO FINO

Arena Chancada para asfalto

Cantera Gloria



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO  
CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO**

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

**PROYECTO:** TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"

**SOLICITANTE: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN**

Tabla 423-02. Requerimientos para los agregados finos

AGREGADO FINO Arena Chancada para asfalto

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm) ≤3.000	>3.000	
Equivalente de Arena	MTC E 114	66.0	60	70	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	44.6	30	40	Cumple
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8.32	8 máx.	8 máx.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	N.P.	NP	NP	Cumple
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	6.80	-	18% máx.	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	50.0	35 min.	35 min.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	N.P.	4 máx.	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0008	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción*	MTC E 205	0.44	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
*Darwin Graciel Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
*Darwin Graciel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"					
SOLICITANTE	JOSÉPH TUCTO INGA / JOSÉ ANGEL CÁRDENAS HUAMÁN				Nº ENSAYO	: 001
MATERIAL	✓ Arena Chamada para asfalto				RESP. LAB.	: D.O.N
MUESTRA	✓ M-1				INGR. RESP.	: D.O.N
CANTERA	✓ Canta				HECHO POR	: D.O.N
					FECHA	: 03/08/2021
TAMIZ	ABRINT. MM.	PESO NET.	GRAT. PAN.	GRAT. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN
7"	177.800					PESO TOTAL = 724.1 g
5"	152.400					PESO LAVADO = 631.5 g
3"	127.000					PESO FINO = 705.9 g
2 1/2"	101.600					% HUMEDAD = 73.3 %
2"	76.200					Efecto: Malla #200 P.S. Seco = 200%
1 1/2"	63.500					P.S. Lavado = 13.8
1"	50.800					% Grueso = 25 %
1 1/2"	38.100					% Arenas = 64.7 %
1"	25.400					% Fina = 12.8 %
3/4"	19.050					MÓDULO DE FINEURA = 3.54 %
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	4.780	19.2	2.5	2.5	97.5	
5/16"	2.380	190.2	20.5	29.1	71.0	
3/8"	2.000					
11/16"	1.180	174.8	24.0	53.1	46.9	
13/16"	0.600	112.6	15.6	68.7	31.3	
15/16"	0.420					
1/2"	0.300	64.1	8.8	77.5	22.5	
5/8"	0.180					
11/8"	0.180	44.7	6.2	63.7	16.3	
13/8"	0.075	25.8	3.5	67.2	12.6	
< 1/2"	FONDO	82.8	12.8	100.0	0.0	
		705.9				
	TOTAL			724.1		
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> <i>Darwin Grábel Castillo Neyra</i> JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> <i>Darwin Grábel Castillo Neyra</i> Ingeniero Civil C.I.P N° 243516</p> </div> </div>						



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176					
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"			Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN			RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	Arena Chancada para asfalto			INGR. RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	M-1			HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	Gloria			FECHA	: 03/06/2021
MUESTRA:	M-1	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	hh:mm	08:55	08:57	08:59	
Hora de salida de saturación (más 10')	hh:mm	09:05	09:07	09:09	
Hora de entrada a decantación	hh:mm	09:07	09:09	09:11	
Hora de salida de decantación (más 20')	hh:mm	09:27	09:29	09:31	
Altura máxima de material fino	Pulg.	6.00	6.00	6.00	
Altura máxima de la arena	Pulg.	4.00	3.80	4.00	
Equivalente de arena	%	67	63	67	
Equivalente de arena promedio	%	65.7			
Resultado equivalente de arena	%	65			
Observaciones: _____					
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>Darwin Grábel Castillo Neyra</i> ----- Darwin Grábel Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO			INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>Darwin Grábel Castillo Neyra</i> ----- Darwin Grábel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518		



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO**

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

**(MTC E 222)**

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 1
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto	INGR. RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/08/2021

ENSAYO	Nº	1	2	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	1425.00	1427.00	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(V)	934.00	934.00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G <sub>s</sub>	2.757	2.757	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	44.7	44.6	Min.30
ARENA CHANCADA - GLORIA	%	47	47	
				FÓRMULA:
				$\frac{V - W}{G_s b \times 100} \times v$
PROMEDIO	%		44.6	

OBSERVACIONES:

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin*  
Darwin Grábel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin*  
Darwin Grábel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**DETECCIÓN CUALITATIVA DE ARCILLAS NOCIVAS DEL  
GRUPO DE ESMECTITA EN AGREGADOS,  
UTILIZANDO AZUL DE METILENO**

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

**AASHTO T 330-07 (2011)\***

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021".	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto	ING° RESP.	: D.C.N
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/08/2021

**RESULTADOS DE ENSAYO DE AZUL DE METILENO**

Identificación/Detalle de muestra	Resultado(mg/g)
Agregado fino - Cantera Gloria	6.32

Observaciones: (\*) Antes AASHTO TP-57

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
C.P. N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**LÍMITES DE ATTERBERG**  
**LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
**(MALLA N° 40)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-98

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto	INGº RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Glória	FECHA	: 02/08/2021

**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº TARRO				
TARRO + SUELTO HÚMEDO				
TARRO + SUELTO SECO				
AQUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELTO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO				
TARRO + SUELTO HÚMEDO				
TARRO + SUELTO SECO				
AQUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELTO SECO				
% DE HUMEDAD				

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

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

**OBSERVACIONES**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
C.P. N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104									
<b>PROYECTO:</b> TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO: SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021" <b>SOLICITANTE:</b> JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN <b>MATERIAL:</b> Arena Chanceta para ensayo <b>MUESTRA:</b> M-1 <b>CANTERA:</b> Obras								<b>Nº ENSAYO:</b> 1 <b>RESP. LAB.:</b> D.C.N. <b>ONO<sup>1</sup> RESP.:</b> D.C.N. <b>HECHO POR:</b> D.C.N. <b>FECHA:</b> 10/06/2021	
ANÁLISIS CUANTITATIVO									
AGREGADO FINO									
TAMAÑO	Gradación Original (%)	Peso min. requerido (g)	Peso fracción ensayada	Nº de partículas	Peso rel. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	Nº de partículas
Pasa	Retiene					Peso (gr)	%		
3/8"	Nº 04	2.5	100	100	99.7	0.3	0.0	0.0	—
	Nº 08	26.5	100	100	99.4	0.6	15.9	4.2	—
	Nº 16	24.0	100	100	99.0	0.2	4.8	1.2	—
	Nº 30	15.5	100	100	99.6	0.4	6.2	1.0	—
	Nº 50	8.9	100	100	99.7	0.3	2.7	0.2	—
	Nº 100	6.2	100	100	99.5	0.5	3.1	0.2	—
< N° 100		15.3							
<b>TOTALES</b>		100.0		600.0	597.7			8.0	
<b>OBSERVACIONES:</b> Se empleó Solución: Sulfato de Magnesio									
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.  <i>Darwin Gabiel Castillo Neyra</i> JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO					INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.  <i>Darwin Gabiel Castillo Neyra</i> Ingeniero Civil CIP N° 243518				



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744						
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"					Nº ENSAYO : 001
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN					RESP. LAB. : D.C.N
MATERIAL	Arena Chancada para asfalto					IND. RESP. : D.C.N
MUESTRA	M-T					HECHO POR : D.C.N
CANTERA	Gloria					FECHA : 02/08/2021
<b>AGREGADO FINO</b>						
MUESTRA	M-1	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN			Promedio
			1	2	3	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	14.25	14.27	14.29		
Hora de entrada a saturación	hh:mm	14:35	14:37	14:39		
Hora de salida de saturación (mas 10')	hh:mm	14:37	14:39	14:41		
Hora de entrada a decantación	hh:mm	14:57	14:59	15:01		
Hora de salida de decantación (mas 20')	hh:mm	14:57	14:59	15:01		
Altura máxima de material fino	Pulg	6.80	7.00	7.00		
Altura máxima de la arena	Pulg	3.40	3.40	3.50		
Índice de durabilidad	%	50	49	50	50	
Observaciones:						
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>(Signature)</i>			INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. <i>(Signature)</i>			
Darwin Grabiél Castillo Neyra, JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO			Darwin Grabiél Castillo Neyra, Ingeniero Civil CIP N° 243518			



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**LÍMITES DE ATTERBERG**

**LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

(MALLA N° 200)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-89

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	1001
SOLICITANTE	J. JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	D.C.N.
MATERIAL	Anova Chancado para asfalto	INGR. RESP.	D.C.N.
MUESTRA	M-1	HECHO POR	D.C.N.
CANTERA	Grieta	FECHA	02/08/2021

**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº TARRO	TARRO + SUELTO HÚMEDO	TARRO + SUELTO SECO	AGUA	PESO DEL TARRO	PESO DEL SUELTO SECO	% DE HUMEDAD	Nº DE GOLPES
----------	-----------------------	---------------------	------	----------------	----------------------	--------------	--------------

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO	TARRO + SUELTO HÚMEDO	TARRO + SUELTO SECO	AGUA	PESO DEL TARRO	PESO DEL SUELTO SECO	% DE HUMEDAD
----------	-----------------------	---------------------	------	----------------	----------------------	--------------

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

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

**OBSERVACIONES**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Grabil Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTOS

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Grabil Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**

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

**MTC 219 - 2000**

PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	Nº ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto	INGR. RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/08/2021

**AGREGADO FINO**

MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
ENSAYO N°					
(1) Peso muestra (gr)	195.30	193.60	194.30		
(2) Volumen aforo (ml)	500.00	500.00	500.00		
(3) Volumen sílicato (ml)	50.00	50.00	50.00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.01	0.01	0.01		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/(3)(1)(4)(2))$	0.0639	0.0649	0.0644		0.0644%

**Observaciones :**

.....

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b>						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
(NORMA AASHTO T-84, T-85)						
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PROYECTO	TRABAJO POR SUFFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"					Nº ENSAYO : 1
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN					RESP. LAB.: D.C.N.
MATERIAL	Arena Chacra de yeso					INDI. RESP.: D.C.N.
MUESTRA	M-8					HECHO POR: D.C.N.
CANTERA	Oroco					FECHA: 05/06/2021
DATOS DE LA MUESTRA						
GRAVEDAD ESPECÍFICA - AGREGADO FINO						
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Aire ) (gr)	500.0	500.0	500		
B	Peso frasco + agua (gr)	691.7	659.9	665.8		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1191.7	1159.9	1165.8		
D	Peso del material + agua en el fresco (gr)	1011.7	977.8	988.2		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm <sup>3</sup> )	180.0	182.1	179.8		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	467.8	467.8	467.8		
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm <sup>3</sup> )	172.8	179.8	177.4	PROMEDIO	
P <sub>e</sub> bulk (Base seca) = A/E		2.706	2.734	2.772	2.757	
P <sub>e</sub> bulk (Base saturada) = A/E		2.778	2.748	2.784	2.789	
P <sub>e</sub> aparente (Base seca) = F/G		2.800	2.767	2.800	2.795	
% de absorción = ((A - F)/F)*100		0.442	0.442	0.442	0.44%	
OBSERVACIONES:						
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.			INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.			
Darwin Gabriel Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO			Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518			



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO**

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AA5HTO T-11, T-27 Y T-68

<b>PROYECTO</b>	TRABAJO POR DIFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TIRM 18 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GARBETTA-CALLAO-2021"	<b>Nº ENSAYO</b>	1.002
<b>SOLICITANTE</b>	JOSÉPH TUOTO INDA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	<b>RESP. LAB.</b>	1.D.C.N.
<b>MATERIAL</b>	Arena Chancada para asfalto	<b>INDP. RESP.</b>	1.D.C.N.
<b>MUESTRA</b>	M-2	<b>HECHO POR</b>	1.D.C.N.
<b>CANTERA</b>	Gloria	<b>FECHA</b>	03/06/2021



INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Luis J.*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
ALFE DEL LABORATORIO

**INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.**

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS.  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO																																				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																				
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88																																				
PROYECTO:	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"																																			
SOLICITANTE:	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN				Nº ENSAYO:	1003																														
MATERIAL:	Anima Chancado para asfalto				RESP. LAB.:	D.G.N.																														
MUESTRA:	14-0				INST. RESP.:	D.G.N.																														
CANTERA:	1 GRAN				HECHO POR:	D.G.N.																														
					FECHA:	02/06/2021																														
TAMIZ	ABERT. MM.	PESO NET.	NET. PARC.	NET. AC.	% Q.PASA	ESPECIFICACION																														
7"	177.800					PESO TOTAL = 890.3 g																														
5"	152.400					PESO LAVADO = 788.1 g																														
3"	127.000					PESO FINO = 883.5 g																														
4"	101.600					% HUMEDAD = P.S.H. P.S.S. % Humedad																														
3"	78.200					883.3 883.3 9.6%																														
2 1/2"	63.500					Estandar Malla #200 P.S. Seco P.S. Lavado 200%																														
2"	50.600					883.3 788.1 11.3																														
1 1/2"	38.100					% Grava = 3.0 %																														
1"	25.400					% Angra = 65.5 %																														
3/4"	19.050					% Fria = 11.5 %																														
1/2"	12.700					MODULO DE FINURA = 3.23 %																														
3/8"	9.525				100.0																															
# 4	4.700	26.8	3.0	3.0	97.5																															
# 8	2.360	246.9	27.7	30.7	89.3																															
# 16	1.180	321.0	34.8	35.5	44.5																															
# 30	0.600	192.4	14.8	16.4	29.6																															
# 40	0.420																																			
# 50	0.300	76.8	8.8	79.2	20.8	OBSERVACIONES:																														
# 60	0.160					Muestra de acopio de planta de asfalto.																														
# 100	0.150	46.3	5.4	54.7	15.4																															
# 200	0.075	34.5	3.8	36.5	11.5																															
># 200	FONDO	102.2	11.5	100.0	0.0																															
		883.5																																		
	TOTAL	890.3																																		
CURVA GRANULOMÉTRICA																																				
<table border="1"> <tr> <td>7.00</td><td>5.00</td><td>3.00</td><td>2.00</td><td>1.00</td><td>0.50</td><td>0.25</td><td>0.10</td><td>0.05</td><td>0.00</td> </tr> <tr> <td>100</td><td>95</td><td>85</td><td>75</td><td>65</td><td>55</td><td>45</td><td>35</td><td>25</td><td>15</td><td>10</td><td>5</td><td>2</td><td>1</td><td>0.5</td><td>0.2</td><td>0.1</td><td>0.05</td><td>0.02</td><td>0.01</td> </tr> </table>							7.00	5.00	3.00	2.00	1.00	0.50	0.25	0.10	0.05	0.00	100	95	85	75	65	55	45	35	25	15	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
7.00	5.00	3.00	2.00	1.00	0.50	0.25	0.10	0.05	0.00																											
100	95	85	75	65	55	45	35	25	15	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01																	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b>  <p>Darwin Graciela Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO</p> </div> <div> <b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b>  <p>Darwin Graciela Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p> </div> </div>																																				

## ANEXO D

### ANALISIS GRANULOMETRICO

#### DE LA CAL HIDRATADA



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
PROYECTO	TRABAJO POR PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"					
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	REGISTRO	: N.A.			
MATERIAL	: Cal hidratada	Nº ENSAYO	: 01			
MUESTRA	: M-f	RESP. LAB.	: D.C.N.			
CANTERA	: N.A.	INGº RESP.	: D.C.N.			
UBICACIÓN	: Planta de Asfalto DELHEAL S.A.C.	FECHA	: 02/08/2021			
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	SUET. PARC.	SUET. AC.	% Q PASA	Especificación
5"	127.000					PESO TOTAL = 377.6 gr
4"	101.600					PESO LAVADO = 95.8 gr
3"	76.200					PESO FINO = 377.6 gr
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					
# 4	4.760					
# 8	2.360					
# 10	2.000					
# 16	1.180	0.0	0.0	0.0	100.0	
# 30	0.800	29.3	7.8	7.8	92.2	
# 40	0.420					
# 50	0.300	24.5	6.5	14.3	85.8	OBSERVACIONES:
# 60	0.180					Cal hidratada sin plasticidad (NP).
# 100	0.150					
# 200	0.075	41.8	11.1	25.3	74.7	Peso Hum. (g)      Peso Seco (g)      % Humedad
< # 200	FONDO	262.0	74.7	100.0	0.0	382.4      377.6      1.27
FINO		377.6				
TOTAL		377.6				
CURVA GRANULOMÉTRICA						

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gábel Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gábel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
C.P. N° 243518

## ANEXO E

COMBINACION DE

AGREGADOS TEORICA

DISEÑO MAC GRADACION

SUPERPAVE TNM 19 mm



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO**

NORMA MTC E: 204 / ASTM C 136 / AASHTO T: 26

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

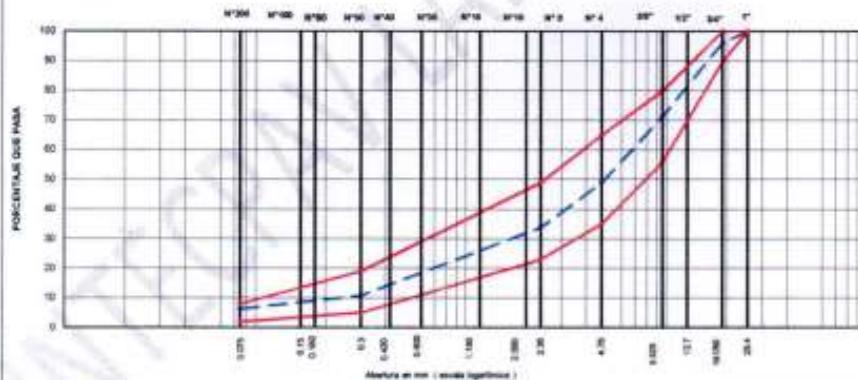
**COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D 3515**

PROYECTO	TRAMPA POR SUPERFICIE PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO"	RESP. LAB.	D.C.R.
	ASFALTO SUPERPAVE TNM 19mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021		
SOLICITANTE	JOSÉPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	IND. RESP.	D.C.N.
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHACACA TNM 19) - GLORIA (ARENA CHACACA S19)	FECHA	02/08/2021
MATERIAL	Máscara Aditiva en Caliente		
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DELIBAL - Perfilo - Casaprop - Acceso a 3 km de la Av. Principal Casaprop		

TAMÍNEZ	Pajas por agregados a intervalos				Mezcla MAC			Carga	
	Cal hidratada	Arena Triturada Gloria < 3/16"	Grava Chac. Gloria 1"- 3/4"	Grava Chac. Gloria 3/4"- 1/2"	Comb. Teórica	Especific. ASTM D 3515			
						58	80		
1	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	asf	
3/4"	19.050	100.0	82.8	100.0	96.3	80	100	asf	
1/2"	12.700	100.0	17.5	80.1	69.2				
3/8"	8.035	100.0	1.2	54.8	71.3	58	80	asf	
# 4	4.780	100.0	0.4	7.3	40.0	35	65	asf	
# 8	2.360	100.0	0.2	1.2	33.8	23	49	asf	
# 10	2.000	100.0							
# 12	1.180	100.0	0.1	0.6	22.1				
# 16	0.680	82.2	0.1	0.4	15.0				
# 20	0.420								
# 30	0.300	85.8	0.9	0.0	10.8	5	10	asf	
# 40	0.177								
# 60	0.100								
# 100	0.150								
# 200	0.075	74.7	11.8	0.8	8.4	2	8	asf	

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA**



Observaciones: Composición de Agregados:

Grava:	51.0 %
Arena:	42.6 %
Faja:	6.4 %

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

GRADUACIÓN SUPERPAVE - TAMAÑO NOMINAL MAXIMO 19.0 mm.																																																																																																																																																																							
NORMA MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 28																																																																																																																																																																							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																																																																																																																																																							
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"																																																																																																																																																																						
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN						RESP. LAB.: D.C.N.																																																																																																																																																																
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")						ING. RESP.: D.C.N.																																																																																																																																																																
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente						FECHA: 02/06/2021																																																																																																																																																																
Graduación para mezcla superpave																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Descripción</th> <th colspan="3">Tamaño Nominal 3/4"</th> <th colspan="2">Curva del Diseño Mezcla</th> </tr> <tr> <th>Tamíos</th> <th>Tamíz mm.</th> <th>Potencia 0.45</th> <th>Puntos de Control</th> <th>Zona Restringida</th> <th>Maxima Densidad</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>Pulgada</th> <th>mm.</th> <th></th> <th></th> <th>Mínimo Máximo</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td>25.400</td> <td>4.287</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.050</td> <td>3.767</td> <td>90</td> <td>100</td> <td>87.9</td> <td>96.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.700</td> <td>3.138</td> <td></td> <td></td> <td>73.2</td> <td>83.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.525</td> <td>2.757</td> <td></td> <td></td> <td>64.3</td> <td>71.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/4"</td> <td>6.350</td> <td>2.297</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>4.760</td> <td>2.018</td> <td></td> <td></td> <td>47.1</td> <td>49.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 8</td> <td>2.380</td> <td>1.477</td> <td>23</td> <td>49</td> <td>34.6</td> <td>34.5</td> <td>33.8</td> </tr> <tr> <td>Nº 10</td> <td>2.000</td> <td>1.366</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 16</td> <td>1.190</td> <td>1.081</td> <td></td> <td></td> <td>22.3</td> <td>28.3</td> <td>25.2</td> </tr> <tr> <td>Nº 20</td> <td>0.840</td> <td>0.925</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 30</td> <td>0.590</td> <td>0.789</td> <td></td> <td></td> <td>16.7</td> <td>20.7</td> <td>16.4</td> </tr> <tr> <td>Nº 40</td> <td>0.420</td> <td>0.677</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>15.0</td> </tr> <tr> <td>Nº 50</td> <td>0.298</td> <td>0.580</td> <td></td> <td></td> <td>13.7</td> <td>13.7</td> <td>10.8</td> </tr> <tr> <td>Nº 80</td> <td>0.177</td> <td>0.459</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 100</td> <td>0.149</td> <td>0.425</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>Nº 200</td> <td>0.074</td> <td>0.310</td> <td>2</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td>6.4</td> </tr> <tr> <td>Nº&lt;200</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Descripción			Tamaño Nominal 3/4"			Curva del Diseño Mezcla		Tamíos	Tamíz mm.	Potencia 0.45	Puntos de Control	Zona Restringida	Maxima Densidad			Pulgada	mm.			Mínimo Máximo				1"	25.400	4.287	100	100	100.0	100.0		3/4"	19.050	3.767	90	100	87.9	96.3		1/2"	12.700	3.138			73.2	83.2		3/8"	9.525	2.757			64.3	71.3		1/4"	6.350	2.297						Nº 4	4.760	2.018			47.1	49.0		Nº 8	2.380	1.477	23	49	34.6	34.5	33.8	Nº 10	2.000	1.366						Nº 16	1.190	1.081			22.3	28.3	25.2	Nº 20	0.840	0.925						Nº 30	0.590	0.789			16.7	20.7	16.4	Nº 40	0.420	0.677					15.0	Nº 50	0.298	0.580			13.7	13.7	10.8	Nº 80	0.177	0.459						Nº 100	0.149	0.425					7.0	Nº 200	0.074	0.310	2	8			6.4	Nº<200							
Descripción			Tamaño Nominal 3/4"			Curva del Diseño Mezcla																																																																																																																																																																	
Tamíos	Tamíz mm.	Potencia 0.45	Puntos de Control	Zona Restringida	Maxima Densidad																																																																																																																																																																		
Pulgada	mm.			Mínimo Máximo																																																																																																																																																																			
1"	25.400	4.287	100	100	100.0	100.0																																																																																																																																																																	
3/4"	19.050	3.767	90	100	87.9	96.3																																																																																																																																																																	
1/2"	12.700	3.138			73.2	83.2																																																																																																																																																																	
3/8"	9.525	2.757			64.3	71.3																																																																																																																																																																	
1/4"	6.350	2.297																																																																																																																																																																					
Nº 4	4.760	2.018			47.1	49.0																																																																																																																																																																	
Nº 8	2.380	1.477	23	49	34.6	34.5	33.8																																																																																																																																																																
Nº 10	2.000	1.366																																																																																																																																																																					
Nº 16	1.190	1.081			22.3	28.3	25.2																																																																																																																																																																
Nº 20	0.840	0.925																																																																																																																																																																					
Nº 30	0.590	0.789			16.7	20.7	16.4																																																																																																																																																																
Nº 40	0.420	0.677					15.0																																																																																																																																																																
Nº 50	0.298	0.580			13.7	13.7	10.8																																																																																																																																																																
Nº 80	0.177	0.459																																																																																																																																																																					
Nº 100	0.149	0.425					7.0																																																																																																																																																																
Nº 200	0.074	0.310	2	8			6.4																																																																																																																																																																
Nº<200																																																																																																																																																																							
<p>Nota:</p> <p>Diseño Tentativo Mezcla Agregado</p> <table> <tr> <td>Piedra Chancada Tmáx 1" [ Cantaria Gloria ]</td> <td>10.0 %</td> </tr> <tr> <td>Piedra Chancada Tmáx 3/4" [ Cantaria Gloria ]</td> <td>43.0</td> </tr> <tr> <td>Arena Chancada 01 [ Cantaria Gloria ]</td> <td>45.5 %</td> </tr> <tr> <td>Cal hidratada</td> <td>1.5 %</td> </tr> <tr> <td>Agregado total</td> <td>100.0 %</td> </tr> </table>								Piedra Chancada Tmáx 1" [ Cantaria Gloria ]	10.0 %	Piedra Chancada Tmáx 3/4" [ Cantaria Gloria ]	43.0	Arena Chancada 01 [ Cantaria Gloria ]	45.5 %	Cal hidratada	1.5 %	Agregado total	100.0 %																																																																																																																																																						
Piedra Chancada Tmáx 1" [ Cantaria Gloria ]	10.0 %																																																																																																																																																																						
Piedra Chancada Tmáx 3/4" [ Cantaria Gloria ]	43.0																																																																																																																																																																						
Arena Chancada 01 [ Cantaria Gloria ]	45.5 %																																																																																																																																																																						
Cal hidratada	1.5 %																																																																																																																																																																						
Agregado total	100.0 %																																																																																																																																																																						
<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> <i>Darwin Grabiela Castillo Neyra</i> JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO				<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> <i>Darwin Grabiela Castillo Neyra</i> Ingeniero Civil C.I.P N° 243518																																																																																																																																																																			

## ANEXO F

DISEÑO MAC

ENSAYO DE GRAVEDAD

ESPECIFICA Y ABSORCION

DE LOS AGREGADOS



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS						
MTC E-206 / ASTM C-127 / AASHTO T-85						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PROYECTO	: TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"				RESP. LAB.: D.C.N.	
SOLICITANTE	: JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN				ING. RESP.: D.C.N.	
CANTERA	: GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1" - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				FECHA: 02/06/2021	
MATERIAL	: AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO					
AGREGADO GRUESO AASHTO T-85						
CANTERA		IDENTIFICACION			Promedio	
		1	2	3		
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en aire)	(gr.)	1448.30	1444.80	1449.20		
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en agua)	(gr.)	923.10	920.20	922.10		
Volumen de masa + volumen de vacíos	(cm³)	525.20	524.60	527.10		
Peso de material seco (105°C)	(gr.)	1437.20	1433.70	1437.80		
Volumen de masa	(cm³)	514.10	513.80	515.70		
Peso Bulk (base seca)	(Kg/m³)	2736	2733	2728		2732
Peso Bulk (base saturada)	(Kg/m³)	2758	2754	2748		2754
Peso aparente (base seca)	(Kg/m³)	2796	2792	2788		2792
Porcentaje de absorción	(%)	0.77	0.77	0.79		0.78
AGREGADO FINO AASHTO T-84						
CANTERA		IDENTIFICACION			Promedio	
		1	2	3		
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en aire)	(gr.)	500.0	500.0	500.0		
Peso frasco + agua (25°C)	(gr.)	691.7	699.9	695.8		
Peso de frasco + agua (25°C) + Peso mat. Sat. Sup. Seco	(gr.)	1191.7	1199.9	1195.8		
Peso de (mat. Sat. Superf. Seco + agua en el frasco)	(gr.)	1011.7	977.8	986.2		
Volumen de la masa + volumen de vacíos	(cm³)	180.0	182.1	179.6		
Peso de material seco (105°C)	(gr.)	496.8	496.8	496.8		
Volumen de masa	(cm³)	176.8	178.9	176.4		
Peso Bulk (base seca)	(Kg/m³)	2760	2728	2768		2751
Peso Bulk (base saturada)	(Kg/m³)	2778	2746	2784		2769
Peso aparente (base seca)	(Kg/m³)	2810	2777	2816		2801
Porcentaje de absorción	(%)	0.64	0.64	0.64		0.64
MATERIAL : DE LA MEZCLA FÍSICA DEL DISEÑO						
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.			INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.			
<i>Darwin Grabiell Castillo Neyra</i> JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO			<i>Darwin Grabiell Castillo Neyra</i> Ing. Civil C.I.P. N° 243518			

## ANEXO G

### DISEÑO DE ASFALTO

#### ENsayos MARSHALL



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

# FICHA DE RESUMEN Y GRÁFICO DE RESULTADOS DEL MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

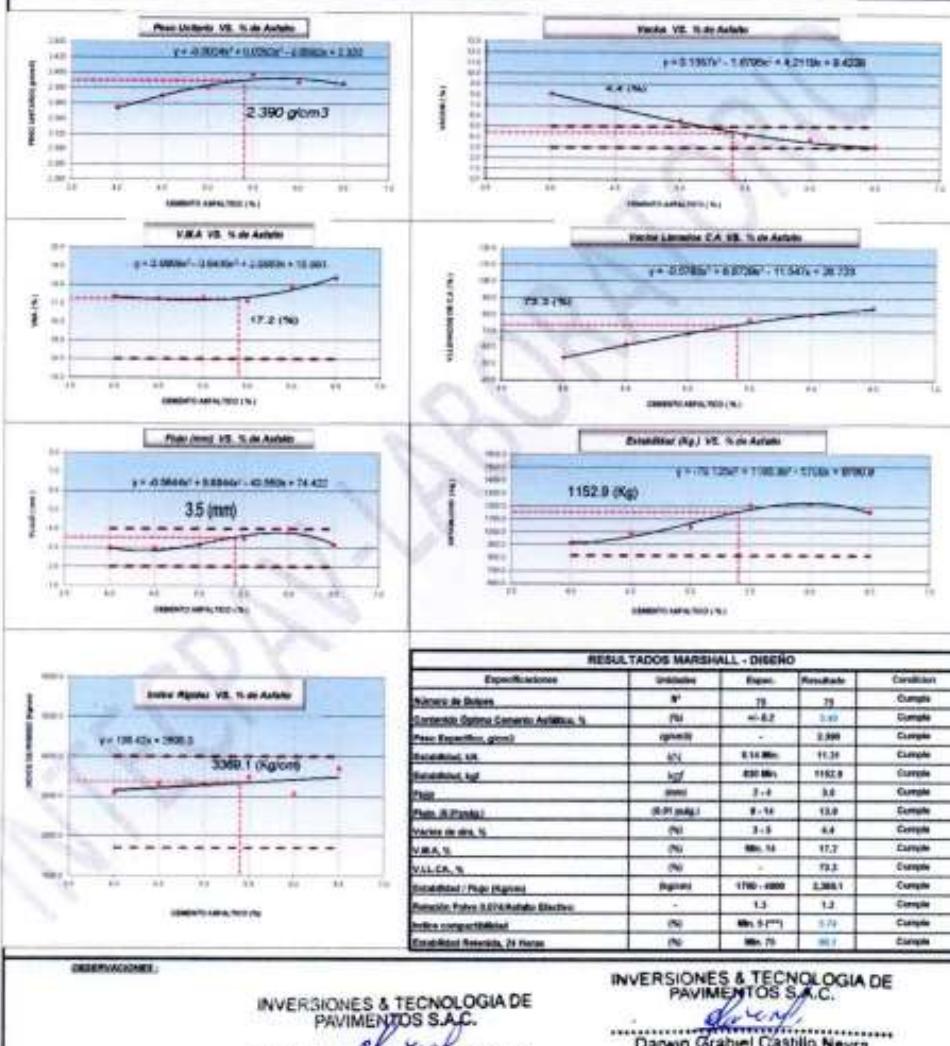
- GRÁFICOS MARSHALL

NORMA ASTM D 1550 / AASHTO T 245

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	RSPN. LAB.:	D.C.N
SOLICITANTE:	JOSÉPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	IND° RESP.:	D.C.N
CARTERA:	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tríax 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	FECHA:	20/02/21
MATERIAL:	Masa Asfáltica en Caliente		
UBICACIÓN:	Planta de Asfalto DELHEAL - Perfillo - Caraponga - Acceso al 2 km de la Av. Principal Caraponga		

GRÁFICOS





**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**RESUMEN DE RESULTADOS  
ENSAYO MARSHALL**

NORMA ASTM D.1559 / AASHTO T 245

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

PROYECTO :	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"										
SOLICITANTE :	JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN										
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Talla 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/8")										
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente										
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portón - Campongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Campongo										

FECHA: 26/06/20

% Cemento Asfáltico	Peso Específico												
	Peso Bruto a las Agua	Peso Probeta Secundaria	Peso Probeta en el Agua	Volumen de la Probeta	Bulk de la Brújula	Máximo Rizo	Máxima Densidad Técnica	Vacío al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacío Llenados (%)	Flot. (kg)	Carga (kg)	Índice Rígidez (Kg/cm)
4.00	1221.4	1223.8	106.7	517.6	2.386	2.560	2.588	8.68	17.46	82.10	3.09	800	2665.7
	1219.6	1222.4	107.5	518.9	2.386	2.560	2.588	8.18	17.46	82.10	2.79	808	2620.4
	1223.6	1220.7	106.5	520.2	2.386	2.560	2.588	8.12	17.46	82.34	3.09	800	2652.7
Promedio					2.386	2.560	2.588	8.68	17.38	82.32	2.94	811	2696.8

% Cemento Asfáltico	Peso Específico												
	Peso Bruto a las Agua	Peso Probeta Secundaria	Peso Probeta en el Agua	Volumen de la Probeta	Bulk de la Brújula	Máximo Rizo	Máxima Densidad Técnica	Vacío al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacío Llenados (%)	Flot. (kg)	Carga (kg)	Índice Rígidez (Kg/cm)
4.50	1218.4	1221.1	107.2	513.8	2.373	2.541	2.568	8.82	17.11	81.31	3.09	802	3233.7
	1219.9	1221.4	107.7	513.7	2.374	2.541	2.569	8.57	17.07	81.31	3.08	803	3223.7
	1221.3	1223.4	106.2	512.2	2.371	2.541	2.568	7.97	17.01	81.31	2.79	813	3464.0
Promedio					2.376	2.541	2.568	8.76	17.25	81.31	2.94	803	3239.8

% Cemento Asfáltico	Peso Específico												
	Peso Bruto a las Agua	Peso Probeta Secundaria	Peso Probeta en el Agua	Volumen de la Probeta	Bulk de la Brújula	Máximo Rizo	Máxima Densidad Técnica	Vacío al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacío Llenados (%)	Flot. (kg)	Carga (kg)	Índice Rígidez (Kg/cm)
5.00	1221.0	1224.6	103.2	511.3	2.388	2.526	2.548	5.21	16.80	89.32	3.39	1010	3086.9
	1219.4	1221.1	104.9	512.3	2.381	2.526	2.548	5.90	17.24	86.12	3.09	1040	3470.7
	1223.4	1225.7	105.5	516.2	2.376	2.526	2.548	9.86	17.84	86.26	3.05	1033	3286.7
Promedio					2.386	2.526	2.548	9.88	17.39	87.80	3.13	1037	3218.6

% Cemento Asfáltico	Peso Específico												
	Peso Bruto a las Agua	Peso Probeta Secundaria	Peso Probeta en el Agua	Volumen de la Probeta	Bulk de la Brújula	Máximo Rizo	Máxima Densidad Técnica	Vacío al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacío Llenados (%)	Flot. (kg)	Carga (kg)	Índice Rígidez (Kg/cm)
5.50	1221.5	1224.1	106.6	511.3	2.401	2.500	2.529	3.97	17.21	79.90	2.56	1179	3216.0
	1226.4	1227.8	106.2	511.4	2.398	2.500	2.529	4.08	17.10	78.11	3.30	1202	3840.0
	1228.5	1226.7	104.1	511.8	2.393	2.500	2.529	4.38	17.36	78.31	3.06	1226	3444.0
Promedio					2.397	2.500	2.529	4.18	17.13	79.99	2.87	1202	3487.0

% Cemento Asfáltico	Peso Específico												
	Peso Bruto a las Agua	Peso Probeta Secundaria	Peso Probeta en el Agua	Volumen de la Probeta	Bulk de la Brújula	Máximo Rizo	Máxima Densidad Técnica	Vacío al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacío Llenados (%)	Flot. (kg)	Carga (kg)	Índice Rígidez (Kg/cm)
6.00	1223.6	1224.1	113.4	610.7	2.386	2.480	2.510	3.47	17.88	89.38	3.06	1225	3014.0
	1227.7	1226.8	112.8	515.3	2.382	2.480	2.510	3.88	18.08	78.26	3.81	1216	3191.8
	1224.4	1226.6	112.2	513.5	2.386	2.480	2.510	3.81	17.37	79.51	4.06	1202	3507.8
Promedio					2.386	2.480	2.510	3.74	17.81	79.16	3.88	1214	3084.8

**OBSERVACIONES:**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grabié Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grabié Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**EÑSAZO MARSHALL**

NORMA ASTM D 1559 / ASHTO T 245

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

PROYECTO :	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"	RESP. LAB. :	D.C.N.
SOLICITANTE :	JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	INGR. RESP. :	D.C.N.
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	FECHA :	
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente		02/08/21
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo.		

	PROBETAS	1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%	4.02			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%	49.94			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%	45.62			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % peso malla N° 200 )	%	1.44			
5	Peso Específico Aparente del C.A	g/cm³	2.028			
6	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.732			
7	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.782			2.762
8	Peso Específico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.751			
9	Peso Específico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.801			2.776
10	Peso Específico Aparente del Filler	g/cm³	2.308			
11	Altura Promedio de la Brinqueta	cm				
12	Peso de la Brinqueta al Aire	gr	1221.4	1219.8	1223.8	
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1223.6	1222.4	1226.7	
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr	706.7	705.8	706.5	
15	Volumen de la Probeta	cc	517.9	519.9	520.2	PROMEDIO
16	Peso Específico Bulk de la Brinqueta	g/cm³	2.358	2.350	2.353	2.354
17	Peso Específico Mínimo ASTM D - 2041 (Rico)	g/cm³	2.660			
18	Máxima Densidad Técnica	g/cm³	2.668			
19	% Vacíos	%	7.88	8.19	8.12	8.08
20	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cm³	2.734			
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cm³	2.787			
22	Peso Específico Efectorio del Agregado Total	g/cm³	2.790			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%	0.97			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.82	82.54	82.60	
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	8.30	8.27	8.28	
26	% de vacío del Agregado Mineral	%	17.18	17.46	17.40	17.34
27	C.A. Efectivo / Peso de la Mezcla	%	3.65			
28	Relación Beta/Beta Vacío	%	54.15	53.10	53.34	53.53
29	Lectura del Anillo	mm				
30	Establecida Sin Corregir (Lectura)	mm	180	185	178	
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Establecida Corregida	mm	180	185	180	181.7
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	mm	12.0	11.0	12.0	
34	Fluencia	mm	8.06	8.79	8.96	8.86
35	Factor de Rigididad	Kg/cm	2969	3320	2954	3081

**OBSERVACIONES:**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graciela Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graciela Castillo Neyra*  
Ingeniera Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ENSAYO MARSHALL**

NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245

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

PROYECTO : TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"  
SOLICITANTE : JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN  
CANTERA : GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tríax 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")  
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente  
UBICACIÓN : Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo.

RESP. LAB. : D.C.N  
INGR. RESP. : D.C.N  
FECHA : 02/08/21

PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%	4.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%	48.08			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%	45.38			
4	% Filtre en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % peso mala N° 200 )	%	1.43			
5	Peso Específico Aparente del C.A.	g/cm³	1.038			
6	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.732			
7	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.792			2.762
8	Peso Específico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.781			
9	Peso Específico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.801			2.776
10	Peso Específico Aparente del Filtre	g/cm³	2.300			
11	Altura Promedio de la Briqueta	mm				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr	1218.4	1219.5	1221.3	
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1221.1	1221.4	1223.4	
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr	707.2	707.7	708.2	
15	Volumen de la Probeta	ml	513.8	513.7	517.2	PROMEDIO
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.373	2.374	2.381	2.369
17	Peso Específico Mínimo ASTM D - 2045 Rule	g/cm³	2.541			
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³	2.568			
19	% Vacíos	%	6.62	6.57	7.07	6.78
20	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cm³	2.734			
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cm³	2.787			
22	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cm³	2.760			
23	C.A. Absorbido por el Plást. Agregado Seco	%	0.37			
24	% del Volumen del agregado/volumen Bruto de la Probeta	%	82.69	82.93	82.48	
25	% del Volumen de C.A. Efectivo Volumen de la Probeta	%	10.49	10.48	10.44	
26	% de vacíos del Agregado Mineral	%	17.11	17.07	17.51	17.23
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%	4.15			
28	Relación Beta/Vacíos	%	61.31	61.48	59.92	60.80
29	Lectura del Anillo	(mJ)				
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	kgf	198	197	195	
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Estabilidad Corregida	kgf	198	197	195	197.0
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	mil	12.0	12.0	11.0	
34	Fluencia	mm	3.86	3.88	2.79	3.89
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3254	3224	3484	3320

**OBSEVACIONES:**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin*  
Darwin Graciela Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin*  
Darwin Graciela Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO  
Cédula Civil  
Nº 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**EÑSAZO MARSHALL**

NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245

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

PROYECTO :	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	RESP. LAB. :	D.C.N.
SOLICITANTE :	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	IND. RESP. :	D.C.N.
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tríax 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	FECHA :	
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente		
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo		

PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%	5.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%	48.43			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%	45.15			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( Interno 65 % pasa media N° 200 )	%	1.43			
5	Peso Específico Aparente del C.A	g/cm³	1.038			
6	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.782			
7	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.782			2.782
8	Peso Específico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.781			
9	Peso Específico Aparente del Filler	g/cm³	2.300			
10	Altura Promedio de la Briqueta	mm				
11	Peso de la Briqueta al Aire	gr	1221.3	1219.8	1223.4	
12	Peso de la Probeta Saturada	gr	1234.8	1221.1	1226.7	
13	Peso de la Probeta en el Agua	gr	713.2	706.9	709.8	
14	Volumen de la Probeta	ml	511.3	512.2	516.2	PROMEDIO
15	Peso Específico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.309	2.381	2.370	2.389
16	Peso Específico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³				
17	Máxima Densidad Teórica	g/cm³				
18	% Vacios	%	5.21	5.50	6.05	5.95
19	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cm³				
20	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cm³				
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cm³				
22	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cm³				
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%				
24	% del Volumen del agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	63.01	62.76	62.36	
25	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de la Probeta	%	11.78	11.74	11.09	
26	% de vacíos del Agregado Mineral	%	16.99	17.24	17.64	17.28
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%				
28	Relación Densas Vacíos	%	69.92	68.12	66.26	67.89
29	Lectura del Anillo	ml/ml				
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	kg	206	214	208	
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Estabilidad Corregida	kg	206	214	208	209.8
33	Lectura del Flexímetro ( 0.01" )	ml/ml	13.0	12.0	12.0	
34	Fluencia	mm	3.36	3.06	3.06	3.12
35	Factor de Rigidez	kg/mm	3095	3479	3089	3218

**OBSERVACIONES:**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Darwin Grábel Castillo Neyra  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Darwin Grábel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
C.P. N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**EÑSAZO MARSHALL**

NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245

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

PROYECTO :	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	RESP. LAB. :	D.C.N.
SOLICITANTE :	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	INGR. RESP. :	D.C.N.
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	FECHA :	02/08/21
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente		
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo.		

PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%	5.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%	48.17			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%	44.81			
4	% Fíber en Peso de la Mezcla ( mínimo 6% para malla N° 200 )	%	1.42			
5	Peso Específico Aparente del C.A.	g/cm³	1.038			
6	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.792			
7	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.792			2.792
8	Peso Específico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.781			
9	Peso Específico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.801			2.776
10	Peso Específico Aparente del Fíber	g/cm³	2.380			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr	1227.8	1229.4	1224.8	
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1228.1	1227.8	1228.7	
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr	716.8	718.2	714.1	
15	Volumen de la Probeta	cc	511.3	511.4	511.6	PROMEDIO
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.401	2.369	2.393	2.397
17	Peso Específico Máximo ASTM D - 2041 Rea	g/cm³		2.500		
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.520		
19	% Vacíos	%	3.97	4.08	4.26	4.10
20	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.724		
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.787		
22	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.760		
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%	0.37			
24	% del Volumen del agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	82.99	82.30	82.74	
25	% del Volumen de C.A. Efectivo/Volumen de la Probeta	%	13.04	13.02	13.00	
26	% de vacío del Agregado Mineral	%	17.01	17.10	17.28	17.12
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.15		
28	Relación Betum Vacíos	%	76.88	76.17	75.31	76.95
29	Lectura del Anillo	mm				
30	Estabilidad / Sin Corregir (Lectura)	KN	240	246	250	
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Estabilidad Corregida	KN	240	246	250	246.0
33	Lectura del Flexímetro ( 0.01" )	mm	14.0	13.0	14.6	
34	Fluencia	mm	3.86	3.30	3.56	3.47
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3316	3640	3440	3467

**OBSEVACIONES:**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*[Signature]*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
C.I.P N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**EÑSAZO MARSHALL**

NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245

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

PROYECTO :	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"	RESP. LAB. :	D.C.N.
SOLICITANTE :	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	INGR. RESP. :	D.C.N.
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tráx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	FECHA :	02/06/21
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente		
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo		

PROBETAS	1	2	3	4	Prom.
1 C.A. En peso de la mezcla	%	11.00			
2 % De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%	47.92			
3 % De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%	44.07			
4 % Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%	1.41			
5 Peso Específico Aparente del C.A.	g/cm³	1.638			
6 Peso Específico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.732			
7 Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.792			2.762
8 Peso Específico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.781			
9 Peso Específico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.801			2.776
10 Peso Específico Aparente del Filler	g/cm³	2.300			
11 Altura Promedio de la Brinqueta	mm				
12 Peso de la Brinqueta al Aire	gr	1222.8	1227.7	1224.8	
13 Peso de la Probeta Saturada	gr	1224.1	1226.8	1225.8	
14 Peso de la Probeta en el Agua	gr	713.4	713.6	713.2	
15 Volumen de la Probeta	cc	510.7	515.3	513.3	PROMEDIO
16 Peso Específico Bulk de la Brinqueta	g/cm³	2.394	2.382	2.389	2.387
17 Peso Específico Mínimo ASTM D - 2041 Rose	g/cm³		2.480		
18 Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.510		
19 % Vacíos	%	3.47	3.93	3.81	3.74
20 Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.734		
21 Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.787		
22 Peso Específico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.769		
23 C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37		
24 % del Volumen del agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	82.32	81.92	82.03	
25 % del Volumen de C.A. Efectivo/Volumen de la Probeta	%	14.21	14.14	14.16	
26 % de vacíos del Agregado Mineral	%	17.68	18.08	17.87	17.81
27 C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.65		
28 Relación Beton Vacíos	%	60.38	78.25	78.61	78.18
29 Lectura del Ayilo	pulg				
30 Estabilidad Sin Corrección (Lectura)	kN	250	248	246	
31 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32 Gestosidad Corregida	kN	250	248	246	247.7
33 Lectura del Flexímetro ( 0.01" )	pulg	16.0	15.0	16.0	
34 Fluencia	mm	4.06	3.81	4.06	3.90
35 Factor de Rígidez	Kg/mm	5014	5191	2958	3554

**OBSERVACIONES :**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grabel Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

*Darwin Grabel Castillo Neyra*  
Ing. Civil  
C.P. N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SERIALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**EÑSAZO MARSHALL**

NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245

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

PROYECTO :	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"	RESP. LAB. :	D.C.N.
SOLICITANTE :	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	ING* RESP. :	D.C.N.
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	FECHA :	02/08/21
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente		
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo		

PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%	6.60			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%	47.86			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%	44.43			
4	% Filtre en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%	1.40			
5	Peso Específico Aparente del C.A.	g/cm³	2.038			
6	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.732			
7	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³	2.732			2.732
8	Peso Específico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.761			
9	Peso Específico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³	2.661			2.778
10	Peso Específico Aparente del Filtre	g/cm³	2.300			
11	Altura Promedio de la Brinque	mm				
12	Peso de la Brinque al Aire	gr	1219.8	1228.8	1224.8	
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1220.3	1227.1	1226.8	
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr	769.2	712.7	712.7	
15	Peso de la Probeta En el Agua	gr	811.0	514.4	512.9	PROMEDIO
16	Peso Específico Bulk de la Brinque	g/cm³	2.386	2.386	2.387	2.386
17	Peso Específico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³		2.461		
18	Máxima Densidad Técnica	g/cm³		2.461		
19	% Vacíos	%	3.03	3.11	2.99	3.04
20	Peso Específico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.734		
21	Peso Específico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.767		
22	Peso Específico Efetivo del Agregado Total	g/cm³		2.760		
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37		
24	% del Volumen del Agregado Volumen Bruto de la Probeta	%	81.63	81.56	81.66	
25	% del Volumen de C.A. Efetivo / Volumen de la Probeta	%	15.36	15.33	15.35	
26	% de vacíos del Agregado Mineral	%	18.37	18.44	18.34	18.38
27	C.A. Efetivo / Peso de la Mezcla	%		6.16		
28	Relación Densidad Vacia	%	83.52	83.15	83.70	83.48
29	Lectura del Análisis	puig				
30	Estatabilidad Sin Corregir (Lectura)	KN	230	235	238	
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Estatabilidad Corregida	KN	230	235	238	234.3
33	Lectura del Plastómetro ( 0.01" )	puig	13.0	12.0	12.0	
34	Fluencia	mm	3.98	3.98	3.98	3.98
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3403	3794	3639	3688

**OBSEVACIONES:**

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Ingéniero Civil  
C.P. N° 243518

## ANEXO H

### DISEÑO MAC

#### ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO

#### TEORICO MAXIMO (RICE)



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS							
ASTM D 2041/ AASHTO T 245 / ASTM D 1560							
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO :	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV GAMBETA-CALLAO-2021"						
SOLICITANTE :	JOSÉPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN						
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")						
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente						
USICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
RESP. LAB. :	D.C.N.						
IND* RESP. :	D.C.N.						
FECHA :	2/08/21						
1	Peso del frasco + el agua	1542.2	1542.2	1542.2	1542.2	1542.2	1542.2
2	Peso de la mezcla	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0
3	Peso del frasco + mezcla + agua	8482.2	8482.2	8482.2	8482.2	8482.2	8482.2
4	Volumen de la mezcla, (1+2-3)	600.0	600.4	600.2	600.0	604.9	609.6
5	Gravedad específica de la mezcla, (2/4)	2.560	2.541	2.529	2.506	2.490	2.481
6	Porcentaje de Asfalto total en la mezcla	4.0	4.5	5.0	5.8	6.0	6.5
<b>Gravedad Específica V.S Cemento Asfáltico (%)</b>							
OBSERVACIONES:							
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.				INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.			
 <b>Darwin Grábel Castillo Neyra</b> JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO				 <b>Darwin Grábel Castillo Neyra</b> Ingeniero Civil C.P. N° 243518			

## ANEXO I

### DISEÑO MAC ENSAYO DE INDICE DE COMPATIBILIDAD



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

INDICE DE COMPACTIBILIDAD																																																												
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245																																																												
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																												
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"																																																											
SOLOCANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	RESP. LAB.	D.C.N.																																																									
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tríax 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	INDP. RESP.	D.C.N.																																																									
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente	FECHA	2/08/21																																																									
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Callao - Acceso a 2 km de la Av. Principal Callao																																																											
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente																																																											
Ensayo Índice de compactabilidad																																																												
Descripción Mezcla Asfáltica																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Agregados - Piesas:</th> <th>Proporción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piedra Chancada Tríax 1" [Cantera Gloria]</td> <td>10.0 %</td> </tr> <tr> <td>Piedra Chancada Tríax 3/4" [Cantera Gloria ]</td> <td>43.0 %</td> </tr> <tr> <td>Arena Chancada 01 [ Cantera Gloria ]</td> <td>45.0 %</td> </tr> <tr> <td>Cal Hidratada</td> <td>1.5 %</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Blumen - Aditivo :</td> </tr> <tr> <td>Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico</td> <td>Proporción</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5.4 %</td> </tr> </tbody> </table>							Agregados - Piesas:	Proporción	Piedra Chancada Tríax 1" [Cantera Gloria]	10.0 %	Piedra Chancada Tríax 3/4" [Cantera Gloria ]	43.0 %	Arena Chancada 01 [ Cantera Gloria ]	45.0 %	Cal Hidratada	1.5 %	Blumen - Aditivo :		Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	Proporción		5.4 %																																						
Agregados - Piesas:	Proporción																																																											
Piedra Chancada Tríax 1" [Cantera Gloria]	10.0 %																																																											
Piedra Chancada Tríax 3/4" [Cantera Gloria ]	43.0 %																																																											
Arena Chancada 01 [ Cantera Gloria ]	45.0 %																																																											
Cal Hidratada	1.5 %																																																											
Blumen - Aditivo :																																																												
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	Proporción																																																											
	5.4 %																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Grupo 01 "</th> <th colspan="3">Grupo 02"</th> </tr> <tr> <th>Descripción</th> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.- Peso briqueta al aire, g</td> <td>1,223.5</td> <td>1,221.6</td> <td>1,222.6</td> <td>1,223.5</td> <td>1,227.6</td> </tr> <tr> <td>2.- Peso briqueta S.S. Saturada, g</td> <td>1,232.8</td> <td>1,231.9</td> <td>1,232.9</td> <td>1,242.8</td> <td>1,241.2</td> </tr> <tr> <td>3.- Peso por desplazamiento, g</td> <td>715.7</td> <td>714.6</td> <td>715.2</td> <td>882.3</td> <td>882.3</td> </tr> <tr> <td>4.- Volumen de la briqueta, cm<sup>3</sup></td> <td>518.9</td> <td>517.3</td> <td>517.1</td> <td>580.3</td> <td>558.9</td> </tr> <tr> <td>5.- Peso Unitario G.E.B. g/cm<sup>3</sup></td> <td>2.367</td> <td>2.361</td> <td>2.364</td> <td>2.184</td> <td>2.198</td> </tr> <tr> <td>6.- Peso Unitario G.E.B(prom. g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>2.364</td> <td></td> <td></td> <td>2.190</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Número de Golpes</td> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td>05</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Grupo 01 "			Grupo 02"			Descripción	01	02	03	04	05	1.- Peso briqueta al aire, g	1,223.5	1,221.6	1,222.6	1,223.5	1,227.6	2.- Peso briqueta S.S. Saturada, g	1,232.8	1,231.9	1,232.9	1,242.8	1,241.2	3.- Peso por desplazamiento, g	715.7	714.6	715.2	882.3	882.3	4.- Volumen de la briqueta, cm <sup>3</sup>	518.9	517.3	517.1	580.3	558.9	5.- Peso Unitario G.E.B. g/cm <sup>3</sup>	2.367	2.361	2.364	2.184	2.198	6.- Peso Unitario G.E.B(prom. g/cm <sup>3</sup> )	2.364			2.190		Número de Golpes	50			05	
Grupo 01 "			Grupo 02"																																																									
Descripción	01	02	03	04	05																																																							
1.- Peso briqueta al aire, g	1,223.5	1,221.6	1,222.6	1,223.5	1,227.6																																																							
2.- Peso briqueta S.S. Saturada, g	1,232.8	1,231.9	1,232.9	1,242.8	1,241.2																																																							
3.- Peso por desplazamiento, g	715.7	714.6	715.2	882.3	882.3																																																							
4.- Volumen de la briqueta, cm <sup>3</sup>	518.9	517.3	517.1	580.3	558.9																																																							
5.- Peso Unitario G.E.B. g/cm <sup>3</sup>	2.367	2.361	2.364	2.184	2.198																																																							
6.- Peso Unitario G.E.B(prom. g/cm <sup>3</sup> )	2.364			2.190																																																								
Número de Golpes	50			05																																																								
Calculos																																																												
(*) Selecciona el grupo en relación al número de golpes																																																												
Índice Compactabilidad, = $\frac{1}{GEB(50) - GEB(05)}$																																																												
Índice Compactabilidad, = 5.74																																																												
OBSERVACIONES:																																																												
INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.				INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.																																																								
Darwin Grábel Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO				Darwin Grábel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518																																																								

## ANEXO J

DISEÑO MAC

ENSAYO DE ESTABILIDAD

REtenida



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS**  
**FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
**SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES**  
**SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS**  
**VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO**

ESTABILIDAD RETENIDA																																																																																																																												
NORMA MTC E 518 / ASTM D 1075 / AASHTO T 165																																																																																																																												
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																																																																																												
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA - CALLAO-2021"																																																																																																																											
SOLOCINTANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN																																																																																																																											
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA TrmX 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")																																																																																																																											
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente																																																																																																																											
UNICACIÓN	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo																																																																																																																											
Ensayo Estabilidad Retenida																																																																																																																												
Descripción Mezcla Asfáltica																																																																																																																												
Agregados - Petreos: Piedra Chancada TrmX 1" [Cantera Gloria] 10.0 % Piedra Chancada TrmX 3/4" [Cantera Gloria] 43.0 % Arena Chancada 01 [Cantera Gloria] 45.5 % Cal hidratada 1.5 % Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico 5.4 % <small>[en peso de la mezcla asfáltica total]</small>																																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Grupo 01 *</th> <th colspan="3">Grupo 02 *</th> </tr> <tr> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> <th>06</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.- Altura promedio briqueta, cm.</td> <td>9.5</td> <td>9.5</td> <td></td> <td>9.5</td> <td>9.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.- Diámetro promedio briqueta, cm</td> <td>10.2</td> <td>10.1</td> <td></td> <td>10.2</td> <td>10.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.- Área promedio briqueta, cm<sup>2</sup>.</td> <td>80.9</td> <td>80.4</td> <td></td> <td>81.1</td> <td>80.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.- Peso briqueta al aire, g</td> <td>1,221.1</td> <td>1,219.8</td> <td></td> <td>1,223.4</td> <td>1,225.9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.- Peso por desplazamiento, g</td> <td>712.8</td> <td>711.2</td> <td></td> <td>713.6</td> <td>711.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.- Volumen de la briqueta, cm<sup>3</sup></td> <td>510.1</td> <td>509.9</td> <td></td> <td>511.7</td> <td>515.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7.- Peso Unitario, GEB/g/cm<sup>3</sup></td> <td>2.384</td> <td>2.382</td> <td></td> <td>2.381</td> <td>2.380</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de Inmersión, min</td> <td colspan="6">1440.0</td> </tr> <tr> <td>8.- Estabilidad sin corregir, MN.</td> <td>214.0</td> <td>210.0</td> <td></td> <td>245.0</td> <td>255.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.- Factor Estabilidad</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10.- Estabilidad corregida, MN</td> <td>214.0</td> <td>210.0</td> <td></td> <td>245.0</td> <td>255.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11.- Resistencia a la compresión, kg/cm<sup>2</sup></td> <td>13.1</td> <td>13.0</td> <td></td> <td>14.8</td> <td>15.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.- Resistencia a la compresión, Mpa.</td> <td>1.3</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1.5</td> <td>1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13.- Estabilidad Promedio, Mpa</td> <td colspan="6">1.3</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Tiempo de Inmersión, min</td> </tr> </tbody> </table>							Descripción	Grupo 01 *			Grupo 02 *			01	02	03	04	05	06	1.- Altura promedio briqueta, cm.	9.5	9.5		9.5	9.6		2.- Diámetro promedio briqueta, cm	10.2	10.1		10.2	10.1		3.- Área promedio briqueta, cm <sup>2</sup> .	80.9	80.4		81.1	80.8		4.- Peso briqueta al aire, g	1,221.1	1,219.8		1,223.4	1,225.9		5.- Peso por desplazamiento, g	712.8	711.2		713.6	711.3		6.- Volumen de la briqueta, cm <sup>3</sup>	510.1	509.9		511.7	515.1		7.- Peso Unitario, GEB/g/cm <sup>3</sup>	2.384	2.382		2.381	2.380		Tiempo de Inmersión, min	1440.0						8.- Estabilidad sin corregir, MN.	214.0	210.0		245.0	255.0		9.- Factor Estabilidad	1.00	1.00		1.00	1.00		10.- Estabilidad corregida, MN	214.0	210.0		245.0	255.0		11.- Resistencia a la compresión, kg/cm <sup>2</sup>	13.1	13.0		14.8	15.5		12.- Resistencia a la compresión, Mpa.	1.3	1.3		1.5	1.5		13.- Estabilidad Promedio, Mpa	1.3						Tiempo de Inmersión, min						
Descripción	Grupo 01 *			Grupo 02 *																																																																																																																								
	01	02	03	04	05	06																																																																																																																						
1.- Altura promedio briqueta, cm.	9.5	9.5		9.5	9.6																																																																																																																							
2.- Diámetro promedio briqueta, cm	10.2	10.1		10.2	10.1																																																																																																																							
3.- Área promedio briqueta, cm <sup>2</sup> .	80.9	80.4		81.1	80.8																																																																																																																							
4.- Peso briqueta al aire, g	1,221.1	1,219.8		1,223.4	1,225.9																																																																																																																							
5.- Peso por desplazamiento, g	712.8	711.2		713.6	711.3																																																																																																																							
6.- Volumen de la briqueta, cm <sup>3</sup>	510.1	509.9		511.7	515.1																																																																																																																							
7.- Peso Unitario, GEB/g/cm <sup>3</sup>	2.384	2.382		2.381	2.380																																																																																																																							
Tiempo de Inmersión, min	1440.0																																																																																																																											
8.- Estabilidad sin corregir, MN.	214.0	210.0		245.0	255.0																																																																																																																							
9.- Factor Estabilidad	1.00	1.00		1.00	1.00																																																																																																																							
10.- Estabilidad corregida, MN	214.0	210.0		245.0	255.0																																																																																																																							
11.- Resistencia a la compresión, kg/cm <sup>2</sup>	13.1	13.0		14.8	15.5																																																																																																																							
12.- Resistencia a la compresión, Mpa.	1.3	1.3		1.5	1.5																																																																																																																							
13.- Estabilidad Promedio, Mpa	1.3																																																																																																																											
Tiempo de Inmersión, min																																																																																																																												
Nota:																																																																																																																												
(*) Selecciona el grupo en relación a la GEB proximas: Grupo 01 : Inmersión por 24 horas a 25.0°C. Grupo 02 : Inmersión por 04 horas a 25.0°C.																																																																																																																												
Calculos																																																																																																																												
Estabilidad Retenida, = $\frac{\text{Estabilidad Promedio a 1440 minutos} \times 100}{\text{Estabilidad Promedio a 240 minutos}}$																																																																																																																												
Estabilidad Retenida, = 85.1 %																																																																																																																												
DESENLACIONES:		INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.			INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.																																																																																																																							
																																																																																																																												
		Darwin Graniel Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS ASFÁLTICOS			Darwin Graniel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243318																																																																																																																							

## ANEXO K

RESULTADO DE ENSAYOS MARSHALL

CON GRADACION SUPERPAVE TNM 19 mm

Y CON DISTINTOS PORCENTAJES

DE CAUCHO 0.5%, 1.0%, 1.5%



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**GRADUACIÓN SUPERPAVE - TAMAÑO NOMINAL MAXIMO 19.0 mm.**

NORMA MTC E 204 / ASTM C 138 / AASHTO T 28

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

PROYECTO TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO  
ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA:  
AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"

SOLICITANTE JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN  
CANTERA GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmz 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")  
MATERIAL Mezcla Asfáltica en Caliente

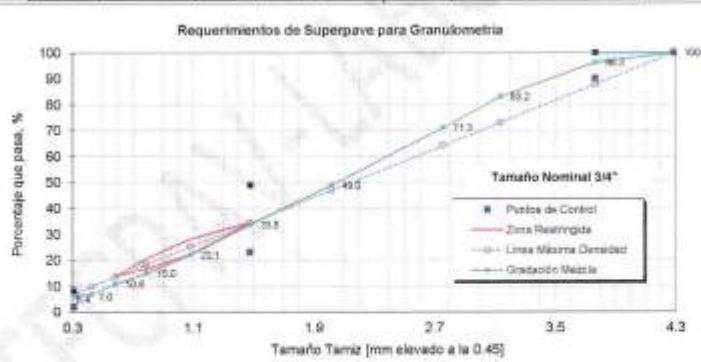
RESP. LAB.: D.C.N.

ING. RESP.: D.C.N.

FECHA: 02/08/2021

Gradación para mezcla superpave

Descripción		Tamaño Nominal 3/4"				Curva del Diseño Mezcla
Tamíos Pulgada	Tamíz mm. a Potencia 0.45	Puntos de Control	Zona Restringida Mínimo	Máximo	Maxima Densidad	
1"	25.400	4.287	100	100		100.0
3/4"	19.050	3.767	90	100		87.9
1/2"	12.700	3.138				73.2
3/8"	9.525	2.757				64.3
1/4"	6.350	2.297				71.3
Nº 4	4.780	2.018				47.1
Nº 8	2.380	1.477	23	49	34.6	34.5
Nº 10	2.000	1.396				33.8
Nº 16	1.190	1.081		22.3	28.3	25.2
Nº 20	0.840	0.925				22.1
Nº 30	0.580	0.769		16.7	20.7	18.4
Nº 40	0.420	0.677				15.0
Nº 50	0.288	0.580		13.7	13.7	13.5
Nº 80	0.177	0.459				10.8
Nº 100	0.149	0.425				7.0
Nº 200	0.074	0.310	2	II		7.2
Nº<200						8.4



Nota.

Diseño Tentativo (Patrón) Mezcla Agregado  
Piedra Chancada Tmz 1" [Cantera Gloria] 10.0 %  
Piedra Chancada Tmz 3/4" [Cantera Gloria] 43.0 %  
Arena Chancada 01 [Cantera Gloria] 45.5 %  
Cemento hidratado 1.5 %  
Agregado total 100.0 %

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.**

*Darwin Grabiell Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.**

*Darwin Grabiell Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
C.I.P N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO MARSHALL										
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES										
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"									
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN									
CANTERA	GLORIA (PEDRA CHANCADA TRABA T1) - GLORIA (ARISTA CHANCADA 311P)									
MATERIAL	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE									
Estado: Validado										
DESCRIPCION										
% DE CAUCHO				0.5			1.0			1.5
N° DE BRUIQUETAS		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 % CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.4			5.4			5.4		
2 % AGREGADO GRUESO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		45.37			45.37			45.37		
3 % AGREGADO FINO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		46.23			46.73			46.23		
4 % FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 300) EN PESO DE LA MEZCLA		1.5			1.5			1.5		
5 PESO ESPECÍFICO CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE, g/cm³		2.0287			2.0287			2.0287		
6 PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO-BULK (e 1), g/cm³		2.732			2.732			2.732		
7 PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO - BULK, g/cm³		2.751			2.751			2.751		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE, g/cm³		2.300			2.300			2.300		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRUIQUETA, cm.		8.7	8.7	8.7	8.8	8.6	8.8	8.6	8.6	8.6
10 PESO DE LA BRUIQUETA AL AIRE, g		1,203.6	1,210.8	1,223.9	1,206.9	1,209.2	1,194.6	1,208.5	1,205.9	1,199.2
11 PESO DE LA BRUIQUETA SATURADA EN EL AIRE, g		1,208.9	1,213.1	1,226.6	1,207.3	1,211.6	1,198.6	1,210.2	1,207.2	1,201.1
12 PESO DE LA BRUIQUETA SATURADA EN EL AGUA, g		702.2	706.1	711.5	698.1	700.7	692.5	698.1	693.3	689.2
13 VOLUMEN DE LA BRUIQUETA, cm³		504.7	508.0	514.0	509.1	510.9	506.0	515.1	513.9	511.8
14 PESO DE LA PARAFINA, g		-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 VOLUMEN PARAFINA, cm³		-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 VOLUMEN DE LA BRUIQUETA, cm³		504.7	509.0	514.0	509.1	510.9	506.0	515.1	513.9	511.9
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRUIQUETA, g/cm³		2.388	2.384	2.381	2.369	2.367	2.366	2.348	2.347	2.343
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041, g/cm³		-	2.487	-	-	2.460	-	-	2.448	-
19 PORCENTAJE DE VACÍOS AIRE, %		4.1	4.2	4.3	3.7	3.8	3.8	3.1	4.0	4.2
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL, g/cm³		-	-	-	-	2.733	-	-	2.733	-
21 VOLUMEN MINERAL AGREGADO, %		17.3	17.9	18.0	18.3	19.4	18.4	20.1	20.6	20.2
22 VACÍOS LLENOS CON CEMENTO ASFÁLTICO, %		77.0	76.8	76.3	80.8	80.5	80.1	79.8	79.9	79.3
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO AGREGADO TOTAL, g/cm³		-	2.748	-	-	2.782	-	-	2.777	-
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL, %		-	0.20	-	-	0.40	-	-	0.60	-
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO, %		8.2	-	-	9.0	-	-	-	4.8	-
26 FLUJO (0.01 Pugado)		14.0	13.0	13.0	12.0	12.0	12.0	11.0	12.0	12.0
27 FLUJO (0.25 milímetro)		3.6	3.3	3.3	3.0	3.0	3.0	2.8	3.0	3.0
28 ESTABILIDAD SIN CORREGIR, Lectura:		260.0	250.0	265.0	218.0	218.0	220.0	220.0	200.0	215.0
29 FACTOR DE ESTABILIDAD		1.04	1.04	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00
30 ESTABILIDAD CORREGIDA, KN		13.0	12.5	12.7	10.8	10.4	11.1	10.7	9.8	10.4
31 RELACION ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)		3,717.0	3,859.0	3,918.0	3,538.0	3,464.0	3,712.0	3,589.0	3,367.0	3,464.0
Nota : Los testigos para el ensayo Marshall fueron elaborados con el óxido contenido de cemento antiséptico 5.4% y la concentración de agregados se le hizo el requeste para adicionar porcentajes de caucho 0.5%, 1% y 1.5% como componente del agregado fino.										

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grábel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
C.P. N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS																																			
ASTM D 2041/ AASHTO T 245 / ASTM D 1560																																			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																			
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"																																		
SOLICITANTE CANTERA MATERIAL	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16") MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE																																		
Ensayo Rice	Fecha : 04/08/2021																																		
<b>Descripción Mezcla Asfáltica</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Agregados - Petróleo:</th><th style="text-align: right;">Proporción:</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piedra Chancada Tmáx. 1" (Cantera Gloria)</td><td style="text-align: right;">10.0 %</td></tr> <tr> <td>Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)</td><td style="text-align: right;">43.0 %</td></tr> <tr> <td>Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)</td><td style="text-align: right;">45.5 %</td></tr> <tr> <td>Filler: Cal Hidratada AASHTO M 303</td><td style="text-align: right;">1.5 %</td></tr> <tr> <td colspan="2"><hr/></td></tr> <tr> <td colspan="2">Búmbo - Aditivo :</td><td style="text-align: right;">Proporción:</td></tr> <tr> <td>Contenido de Cemento Asfáltico PEN 60 - 70</td><td style="text-align: right;">5.4 %</td></tr> <tr> <td>[en peso de la mezcla asfáltica total]</td><td></td></tr> <tr> <td>Aditivo Mejorador de Adherencia (Tipo Amina AR RED RADICOTE)</td><td></td></tr> <tr> <td>[en peso del contenido óptimo del cemento asfáltico]</td><td style="text-align: right;">0.4 %</td></tr> </tbody> </table>			Agregados - Petróleo:	Proporción:	Piedra Chancada Tmáx. 1" (Cantera Gloria)	10.0 %	Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)	43.0 %	Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)	45.5 %	Filler: Cal Hidratada AASHTO M 303	1.5 %	<hr/>		Búmbo - Aditivo :		Proporción:	Contenido de Cemento Asfáltico PEN 60 - 70	5.4 %	[en peso de la mezcla asfáltica total]		Aditivo Mejorador de Adherencia (Tipo Amina AR RED RADICOTE)		[en peso del contenido óptimo del cemento asfáltico]	0.4 %										
Agregados - Petróleo:	Proporción:																																		
Piedra Chancada Tmáx. 1" (Cantera Gloria)	10.0 %																																		
Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)	43.0 %																																		
Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)	45.5 %																																		
Filler: Cal Hidratada AASHTO M 303	1.5 %																																		
<hr/>																																			
Búmbo - Aditivo :		Proporción:																																	
Contenido de Cemento Asfáltico PEN 60 - 70	5.4 %																																		
[en peso de la mezcla asfáltica total]																																			
Aditivo Mejorador de Adherencia (Tipo Amina AR RED RADICOTE)																																			
[en peso del contenido óptimo del cemento asfáltico]	0.4 %																																		
<b>Resultados</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">% De Cacho</th><th style="text-align: right;">0.5%</th><th style="text-align: right;">1.0%</th><th style="text-align: right;">1.5%</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contenido Cemento Asfáltico, %</td><td style="text-align: right;">5.4</td><td style="text-align: right;">5.4</td><td style="text-align: right;">5.4</td></tr> <tr> <td>1.- Peso del material, g</td><td style="text-align: right;">1,500.0</td><td style="text-align: right;">1,500.0</td><td style="text-align: right;">1,500.0</td></tr> <tr> <td>2.- Peso agua + frasco, g</td><td style="text-align: right;">7,542.2</td><td style="text-align: right;">7,542.2</td><td style="text-align: right;">7,542.2</td></tr> <tr> <td>3.- Peso agua + frasco + material [ 1 + 2 ], g</td><td style="text-align: right;">9,042.2</td><td style="text-align: right;">9,042.2</td><td style="text-align: right;">9,042.2</td></tr> <tr> <td>4.- Peso agua + frasco + material (ensayo), g</td><td style="text-align: right;">8,438.1</td><td style="text-align: right;">8,432.5</td><td style="text-align: right;">8,428.8</td></tr> <tr> <td>5.- Volumen [ 3 - 4 ], g</td><td style="text-align: right;">603.1</td><td style="text-align: right;">609.7</td><td style="text-align: right;">613.4</td></tr> <tr> <td>Peso Específico Máximo MAC, g/cm³</td><td style="text-align: right;">2.487</td><td style="text-align: right;">2.460</td><td style="text-align: right;">2.445</td></tr> </tbody> </table>				% De Cacho	0.5%	1.0%	1.5%	Contenido Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4	1.- Peso del material, g	1,500.0	1,500.0	1,500.0	2.- Peso agua + frasco, g	7,542.2	7,542.2	7,542.2	3.- Peso agua + frasco + material [ 1 + 2 ], g	9,042.2	9,042.2	9,042.2	4.- Peso agua + frasco + material (ensayo), g	8,438.1	8,432.5	8,428.8	5.- Volumen [ 3 - 4 ], g	603.1	609.7	613.4	Peso Específico Máximo MAC, g/cm³	2.487	2.460	2.445
% De Cacho	0.5%	1.0%	1.5%																																
Contenido Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4																																
1.- Peso del material, g	1,500.0	1,500.0	1,500.0																																
2.- Peso agua + frasco, g	7,542.2	7,542.2	7,542.2																																
3.- Peso agua + frasco + material [ 1 + 2 ], g	9,042.2	9,042.2	9,042.2																																
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo), g	8,438.1	8,432.5	8,428.8																																
5.- Volumen [ 3 - 4 ], g	603.1	609.7	613.4																																
Peso Específico Máximo MAC, g/cm³	2.487	2.460	2.445																																
<p><b>Nota.</b> Las muestras para el ensayo RICE fueron elaboradas con el óptimo contenido de cemento asfáltico 5.4% y a la combinación de agregados se le hizo el reajuste para adicionar porcentajes de caucho 0.5%, 1% y 1.5% como componente del agregado fino.</p>																																			

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grábel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grábel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

CARACTERIZACIÓN MEZCLA ASFÁLTICA MARSHALL																																																																					
NORMA ASTM D 1569 / AASHTO T 245																																																																					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																																					
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"																																																																				
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN	CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tráx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	MATERIAL	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE																																																																
					Fecha : 04/08/2021																																																																
Caracterización mezcla asfáltica																																																																					
<table> <thead> <tr> <th>Descripción Mezcla Asfáltica</th><th>Proporción.</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregados - Pétroles:</td><td>Diseño Patrón</td></tr> <tr> <td>Piedra Chancada Tráx. 1" (Cantera Gloria)</td><td>10.0 %</td></tr> <tr> <td>Piedra Chancada Tráx. 3/4" (Cantera Gloria)</td><td>43.0 %</td></tr> <tr> <td>Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)</td><td>45.5 %</td></tr> <tr> <td>Fíber, Cal Hidratada AASHTO M 303</td><td>1.5 %</td></tr> <tr> <td>Bitumen - Aditivo :</td><td>Proporción.</td></tr> <tr> <td>Contenido de Cemento Asfáltico PEN 60 - 70</td><td>5.4 %</td></tr> <tr> <td>[en peso de la mezcla asfáltica total]</td><td></td></tr> <tr> <td>Aditivo Mejorador de Adherencia (Tipo Amina AR RED RADICOTE)</td><td></td></tr> <tr> <td>[en peso del contenido óptimo del cemento asfáltico]</td><td>0.4 %</td></tr> </tbody> </table>					Descripción Mezcla Asfáltica	Proporción.	Agregados - Pétroles:	Diseño Patrón	Piedra Chancada Tráx. 1" (Cantera Gloria)	10.0 %	Piedra Chancada Tráx. 3/4" (Cantera Gloria)	43.0 %	Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)	45.5 %	Fíber, Cal Hidratada AASHTO M 303	1.5 %	Bitumen - Aditivo :	Proporción.	Contenido de Cemento Asfáltico PEN 60 - 70	5.4 %	[en peso de la mezcla asfáltica total]		Aditivo Mejorador de Adherencia (Tipo Amina AR RED RADICOTE)		[en peso del contenido óptimo del cemento asfáltico]	0.4 %																																											
Descripción Mezcla Asfáltica	Proporción.																																																																				
Agregados - Pétroles:	Diseño Patrón																																																																				
Piedra Chancada Tráx. 1" (Cantera Gloria)	10.0 %																																																																				
Piedra Chancada Tráx. 3/4" (Cantera Gloria)	43.0 %																																																																				
Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)	45.5 %																																																																				
Fíber, Cal Hidratada AASHTO M 303	1.5 %																																																																				
Bitumen - Aditivo :	Proporción.																																																																				
Contenido de Cemento Asfáltico PEN 60 - 70	5.4 %																																																																				
[en peso de la mezcla asfáltica total]																																																																					
Aditivo Mejorador de Adherencia (Tipo Amina AR RED RADICOTE)																																																																					
[en peso del contenido óptimo del cemento asfáltico]	0.4 %																																																																				
RESULTADOS MARSHALL PROMEDIO																																																																					
Caracterización Mezcla Asfáltica Modificada por vía seca con distintos % de caucho																																																																					
<table> <thead> <tr> <th>Número de Golpes</th><th>75</th><th></th><th>Espec.</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% De Cacuco</td><td>0.6</td><td>1.0</td><td>1.5</td></tr> <tr> <td>Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %</td><td>5.4</td><td>5.4</td><td>5.4</td></tr> <tr> <td>Peso Específico, g/cm³</td><td>2.383</td><td>2.367</td><td>2.348</td></tr> <tr> <td>Estabilidad, kN.</td><td>12.7</td><td>10.7</td><td>10.3</td></tr> <tr> <td>Estabilidad, kgf</td><td>1263.2</td><td>1077.3</td><td>1049.8</td></tr> <tr> <td>Flujo, (0.01puig.)</td><td>13.3</td><td>12.0</td><td>11.7</td></tr> <tr> <td>Vacios de aire, %</td><td>4.2</td><td>3.8</td><td>4.1</td></tr> <tr> <td>V.M.A, %</td><td>17.9</td><td>19.4</td><td>20.1</td></tr> <tr> <td>V.I.L.C.A, %</td><td>76.7</td><td>80.4</td><td>79.7</td></tr> <tr> <td>Absorción de Asfalto, %</td><td>0.20</td><td>0.40</td><td>0.60</td></tr> <tr> <td>Estabilidad / Flujo (Kg/cm)</td><td>3.831.3</td><td>3.581.7</td><td>3.543.3</td></tr> <tr> <td>Temperatura máxima mezcla, °C</td><td>155</td><td>155</td><td>155</td></tr> <tr> <td>Relación Polvo <sub>asfalto</sub>/Asfalto Efectivo</td><td>1.2</td><td>1.2</td><td>1.2</td></tr> <tr> <td>Recubrimiento, %</td><td>100.0</td><td>100.0</td><td>100.0</td></tr> <tr> <td>Desprendimiento, % retenido</td><td>+ 95.0</td><td>+ 95.0</td><td>+ 95.0</td></tr> </tbody> </table>						Número de Golpes	75		Espec.	% De Cacuco	0.6	1.0	1.5	Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4	Peso Específico, g/cm³	2.383	2.367	2.348	Estabilidad, kN.	12.7	10.7	10.3	Estabilidad, kgf	1263.2	1077.3	1049.8	Flujo, (0.01puig.)	13.3	12.0	11.7	Vacios de aire, %	4.2	3.8	4.1	V.M.A, %	17.9	19.4	20.1	V.I.L.C.A, %	76.7	80.4	79.7	Absorción de Asfalto, %	0.20	0.40	0.60	Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	3.831.3	3.581.7	3.543.3	Temperatura máxima mezcla, °C	155	155	155	Relación Polvo <sub>asfalto</sub> /Asfalto Efectivo	1.2	1.2	1.2	Recubrimiento, %	100.0	100.0	100.0	Desprendimiento, % retenido	+ 95.0	+ 95.0	+ 95.0
Número de Golpes	75		Espec.																																																																		
% De Cacuco	0.6	1.0	1.5																																																																		
Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4																																																																		
Peso Específico, g/cm³	2.383	2.367	2.348																																																																		
Estabilidad, kN.	12.7	10.7	10.3																																																																		
Estabilidad, kgf	1263.2	1077.3	1049.8																																																																		
Flujo, (0.01puig.)	13.3	12.0	11.7																																																																		
Vacios de aire, %	4.2	3.8	4.1																																																																		
V.M.A, %	17.9	19.4	20.1																																																																		
V.I.L.C.A, %	76.7	80.4	79.7																																																																		
Absorción de Asfalto, %	0.20	0.40	0.60																																																																		
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	3.831.3	3.581.7	3.543.3																																																																		
Temperatura máxima mezcla, °C	155	155	155																																																																		
Relación Polvo <sub>asfalto</sub> /Asfalto Efectivo	1.2	1.2	1.2																																																																		
Recubrimiento, %	100.0	100.0	100.0																																																																		
Desprendimiento, % retenido	+ 95.0	+ 95.0	+ 95.0																																																																		
Temperatura de Aplicación, °C (* Según carta de viscosidad LOTE N°. 60/70-001-07-2021)																																																																					
<table> <tbody> <tr> <td>Agregados - Pétroles - Caucho</td><td>156.0</td></tr> <tr> <td>Bitumen - Aditivo</td><td>154.0</td></tr> </tbody> </table>						Agregados - Pétroles - Caucho	156.0	Bitumen - Aditivo	154.0																																																												
Agregados - Pétroles - Caucho	156.0																																																																				
Bitumen - Aditivo	154.0																																																																				
Nota. Los testigos para el ensayo Marshall fueron elaborados con el óptimo contenido de cemento asfáltico 5.4% y a la combinación de agregados se le hizo el reajuste para adicionar porcentajes de caucho 0.5%, 1% y 1.5% como componente del agregado fino.																																																																					

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Darwin Graniel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Darwin Graniel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

CARACTERIZACIÓN MEZCLA ASFÁLTICA MARSHALL																																															
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245																																															
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																															
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"																																														
SOLICITANTE	JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN																																														
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")																																														
MATERIAL	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	Fecha : 04/08/2021																																													
Caracterización mezcla asfáltica																																															
Descripción Mezcla Asfáltica		Proporción																																													
Agregados - Pétreos:		Diseño Patrón																																													
Piedra Chancada Tmáx. 1" (Cantera Gloria)		10.0 %																																													
Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)		43.0 %																																													
Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)		45.5 %																																													
Fíber. Caña Hidratada AASHTO M 303		1.5 %																																													
Bitumen - Aditivo		Proporción																																													
Contenido de Cemento Asfáltico PEN 80 - 70 [en peso de la mezcla asfáltica total]		5.4 %																																													
Aditivo Mejorador de Adherencia (Tipo Amina AR RED RADICOTE) [en peso del contenido óptimo del cemento asfáltico]		0.4 %																																													
RESULTADOS MARSHALL PROMEDIO																																															
Caracterización de la Mezcla Asfáltica Convencional sin caucho - Diseño Patrón																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Número de Golpes</th> <th>75</th> <th>Espec.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %</td> <td>5.4</td> <td>±0.2</td> </tr> <tr> <td>Peso Específico, g/cm<sup>3</sup></td> <td>2.390</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estabilidad, kN.</td> <td>11.3</td> <td>8.14 Min.</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad, kgf</td> <td>1152.9</td> <td>830 Min.</td> </tr> <tr> <td>Flujo, (0.01pulg.)</td> <td>13.9</td> <td>8 - 14 (0.01 pulg.)</td> </tr> <tr> <td>Vacíos de aire, %</td> <td>4.4</td> <td>3% - 5 %</td> </tr> <tr> <td>V.M.A., %</td> <td>17.2</td> <td>14 Min.</td> </tr> <tr> <td>V.LL.CA., %</td> <td>73.3</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Absorción de Asfalto, %</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad / Flujo (Kg/cm)</td> <td>3,389.1</td> <td>1700 - 4000 (kg/cm)</td> </tr> <tr> <td>Temperatura máxima mezcla, °C</td> <td>152</td> <td>151 - 156 °C (*)</td> </tr> <tr> <td>Relación Polvo <sub>asf</sub>/Asfalto Efectivo</td> <td>1.2</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>Recubrimiento, %</td> <td>100.0</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Desprendimiento, % retenido</td> <td>+ 95.0</td> <td>+ 95.0</td> </tr> </tbody> </table>			Número de Golpes	75	Espec.	Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	±0.2	Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	2.390		Estabilidad, kN.	11.3	8.14 Min.	Estabilidad, kgf	1152.9	830 Min.	Flujo, (0.01pulg.)	13.9	8 - 14 (0.01 pulg.)	Vacíos de aire, %	4.4	3% - 5 %	V.M.A., %	17.2	14 Min.	V.LL.CA., %	73.3	-	Absorción de Asfalto, %	-	-	Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	3,389.1	1700 - 4000 (kg/cm)	Temperatura máxima mezcla, °C	152	151 - 156 °C (*)	Relación Polvo <sub>asf</sub> /Asfalto Efectivo	1.2	1.3	Recubrimiento, %	100.0	100%	Desprendimiento, % retenido	+ 95.0	+ 95.0
Número de Golpes	75	Espec.																																													
Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	±0.2																																													
Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	2.390																																														
Estabilidad, kN.	11.3	8.14 Min.																																													
Estabilidad, kgf	1152.9	830 Min.																																													
Flujo, (0.01pulg.)	13.9	8 - 14 (0.01 pulg.)																																													
Vacíos de aire, %	4.4	3% - 5 %																																													
V.M.A., %	17.2	14 Min.																																													
V.LL.CA., %	73.3	-																																													
Absorción de Asfalto, %	-	-																																													
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	3,389.1	1700 - 4000 (kg/cm)																																													
Temperatura máxima mezcla, °C	152	151 - 156 °C (*)																																													
Relación Polvo <sub>asf</sub> /Asfalto Efectivo	1.2	1.3																																													
Recubrimiento, %	100.0	100%																																													
Desprendimiento, % retenido	+ 95.0	+ 95.0																																													
Temperatura de Aplicación, °C (*) Según carta de viscosidad Lote N° 60/70-001-05-2021)																																															
Agregados - Pétreos		150.0																																													
Bitumen - Aditivo		150.0																																													
Nota. Los resultados mostrados corresponden a los obtenidos en el diseño Marshall Patrón.																																															

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos y Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil

## ANEXO L

### ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA

DE MEZCLA ASFALTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR  
HUMEDAD

LOTTMAN

NORMA MTC E 522/AASHTO T283

PARA ESTE ENSAYO SE USO CAUCHO EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%,  
1.5% Y CON UN CONTENIDO OPTIMO DE 5.4% DEL CEMENTO ASFALTICO  
DETERMINADO EN EL DISEÑO MARSHALL PATRON



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.							
NORMA MTQ E 522 / AASHTO T 283							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES							
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"						
SOLICITANTE CANTERA, MATERIAL	JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tráns 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16") MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL - MAC.						
Ensayo Lettman							
	Porcentaje de caucho	0.50%					
		Grupo 01	Grupo 02				
	Descripción	01	02	03	04	05	
	Diametro, mm.	D	100.3	100.5	100.6	100.5	
	Espesor (altura), mm.	I	70.1	70.2	70.2	70.1	
	Masa seca en atm. g.	A	1196.1	1215.2	1210.3	1204.5	
	Masa en agua, g.	B	1206.8	1229.1	1225.5	1217.6	
	Volumen, cm <sup>3</sup> , (B-C)	E	517.5	526.4	523.2	521.3	
	Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.309	2.309	2.313	2.311	
	Max. Gravedad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.487	2.487	2.487	2.487	
	% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.1	7.2	7.0	7.1	
	Volumen del Vacío de Aire/HE/1000	I	37.0	37.8	36.5	37.0	
	Lectura del dial de carga	p	639.8	644.4	630.7		
	Carga (bf)	P	1364.4	1373.8	1345.4		
	Saturado, min. @ MPa o mm Hg (psig. Hg) o 20psig.Hg.						
	Masa muestra sat. Sop. Seca, g	B'			1229.1	1225.6	
	Masa en agua, g	C'			997.2	997.1	
	Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'			531.8	526.5	
	Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	J'			24.8	26.0	
	% Saturación (100/J')				66.5	69.6	
	Hinchamiento (100(E'-E)/E)				2.03	1.69	
	Condición de saturación (I)		24 horas a 60°C agua		18 horas a -18°C ± 3°C		
	Espesor mm. (g/pulg)	T'			70.2	70.1	
	Masa muestra sat. Sop. Seca, g	B''			1232.3	1227.5	
	Masa en agua, g	C''			999.5	1001.1	
	Volumen (B''-C'), cm <sup>3</sup>	E''			532.8	527.4	
	Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	J''			27.8	27.9	
	% Saturación (100/J'')				75.2	74.7	
	Hinchamiento (100(E''-E)/E)				2.21	1.48	
	Lectura del dial de carga	Carga			525.5	534.8	
	Carga (bf)	P''			1128.9	1145.9	
	Fuerza Seca, 2P(psi-TD (psi)	S <sub>ds</sub>	79.7	80.0	78.2		
	Fuerza húmeda, 2P(psi-TD (psi)	S <sub>dm</sub>			66.8	66.9	
	Bloque de humedad visual (2)			0	0		
	Agregado agrietado y roto		No presenta agregados fracturados		No presenta agregados fracturados		
					Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio S <sub>ds</sub> /S <sub>dm</sub> ) =	82.9%	
Nota:							
(1) Acondicionamiento húmedo: -18°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.							
(2) Dato por humedad visual - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo							

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
JEFE DE LABORATORIO SUPER Y VALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 242578



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

**ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

NORMA MTC E 022 / AASHTO T 283

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO** TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETA-CALLAO-2021"

**SOLICITANTE** JOSEPH TUCTO INGA / JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN

**CANTERA** GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmx1) - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")

**MATERIAL** MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL - MAC.

Fecha : 04/08/2021

Ensayo Lottman

Porcentaje de caucho	1.00%					
	Grupo 91			Grupo 92		
Descripción	01	02	03	04	05	06
Diametro, mm.	D	100.1	100.3	100.4	100.5	100.6
Espesor (altura), mm.	I	70.1	70.3	70.1	70.2	70.1
Masa seca en aire g.	A	1212.5	1212.2	1208.9	1213.1	1210.3
Masa seca saturada s. seca, g.	B	1229.3	1229.5	1222.3	1225.5	1226.1
Masa en agua g.	C	696.6	695.5	691.2	691.8	692.9
Volumen, cm <sup>3</sup> (B-C)	E	532.7	534.0	531.1	534.0	532.2
Bulk Gravidad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.276	2.270	2.278	2.272	2.272
Max. Gravidad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.460	2.460	2.460	2.460	2.460
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.6	7.7	7.6	7.6	7.7
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	39.8	41.2	39.7	40.9	40.2
Lectura del dial de carga	J	594.1	580.3	584.9		
Carga (lb)	P	1269.5	1241.0	1250.5		
Saturado min. @ 100°C ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg. Hg.						
Masa muestra sat. Sup. Seca, g.	B'				1238.5	1238.1
Masa en agua g.	C'				701.2	699.2
Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				537.3	538.9
Volumen absoluto agua (B-A), cm <sup>3</sup>	J'				25.4	27.8
% Saturación (100J'/I)					62.1	69.1
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.62	1.26
Condición de saturación (I)		24 horas a 60°C agua			18 horas a -18°C ± 3°C	
Espesor mm. (pulg.)	T				70.2	70.3
Masa muestra sat. Sup. Seca, g.	B''				1246.6	1243.5
Masa en agua g.	C''				706.3	701.1
Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				540.3	542.4
Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	J''				33.5	33.2
% Saturación (100J''/I)					82.0	82.6
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					1.18	1.92
Lectura del dial de carga	Carga				567.2	493.5
Carga (lb)	P''				1069.0	1060.5
Fuerza Seca, 2P(p <sup>n</sup> )TD (psi)	Str	74.3	72.3	73.0		
Fuerza húmeda, 2P(p <sup>n</sup> )TD (psi)	Strm				63.4	61.6
Balómetro humedad visual (2)			0		0	
Agregado agrietado y roto		No presenta agregados fracturados			No presenta agregados fracturados	

Razón del esfuerzo a la tensión - TSR [promedio  $St_1/St_2$ ] = 85.2%

Nota:

(1) Acondicionamiento húmedo: -18°C ± 3°C por 10 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.

(2) Balómetro humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grabiela Castillo Neyra*  
Darwin Grabiela Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Grabiela Castillo Neyra*  
Darwin Grabiela Castillo Neyra  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 243518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS

VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.																																																																																																																																																																																																																																																																																													
NORMA NTC E 522 / AASHTO T 203																																																																																																																																																																																																																																																																																													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																																																																																																																																																																																																																																																													
PROYECTO	TRABAJO POR SUFICIENCIA PROFESIONAL: "APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO SUPERPAVE TNM 19 mm PARA MITIGAR LA DEFORMACION PERMANENTE Y FATIGA EN LA AV. GAMBETTA-CALLAO-2021"																																																																																																																																																																																																																																																																																												
SOLICITANTE CANTERA MATERIAL	JOSEPH TUCTO INGA / JOSE ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN GLORIA (PIEDRA CHANCADA Trax 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16") MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL - MAC.																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	Fecha: 04/05/2021																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Ensayo: Lotman	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Porcentaje de caucho</th> <th colspan="6">150%</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Grupo #1</th> <th colspan="4">Grupo #2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción</td> <td>01</td> <td>02</td> <td>03</td> <td>04</td> <td>05</td> <td>06</td> </tr> <tr> <td>Diametro, mm.</td> <td>D</td> <td>101.1</td> <td>100.5</td> <td>101.1</td> <td>100.4</td> <td>100.8</td> </tr> <tr> <td>Espesor (altura), mm.</td> <td>I</td> <td>70.2</td> <td>70.5</td> <td>70.3</td> <td>70.5</td> <td>70.3</td> </tr> <tr> <td>Masa seca en aire, g</td> <td>A</td> <td>1213.3</td> <td>1216.9</td> <td>1208.8</td> <td>1220.3</td> <td>1218.5</td> </tr> <tr> <td>Masa muestra saturada s, seca, g</td> <td>B</td> <td>1234.8</td> <td>1237.9</td> <td>1233.8</td> <td>1241.1</td> <td>1239.6</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g</td> <td>C</td> <td>694.2</td> <td>695.1</td> <td>694.8</td> <td>693.1</td> <td>697.8</td> </tr> <tr> <td>Volumen, cm<sup>3</sup>, (B-C)</td> <td>E</td> <td>540.6</td> <td>542.8</td> <td>538.0</td> <td>543.0</td> <td>542.0</td> </tr> <tr> <td>Bulk Gravidad específica (A/E), g/cm<sup>3</sup></td> <td>F</td> <td>2.244</td> <td>2.242</td> <td>2.243</td> <td>2.247</td> <td>2.248</td> </tr> <tr> <td>Max. Gravidad específica, g/cm<sup>3</sup></td> <td>G</td> <td>2.445</td> <td>2.445</td> <td>2.445</td> <td>2.445</td> <td>2.445</td> </tr> <tr> <td>% Vacío (100(G-F)/G)</td> <td>H</td> <td>8.2</td> <td>8.3</td> <td>8.3</td> <td>8.1</td> <td>8.2</td> </tr> <tr> <td>Volumen del Vacío de Aire(HE/100)</td> <td>I</td> <td>44.4</td> <td>45.1</td> <td>44.8</td> <td>43.9</td> <td>43.7</td> </tr> <tr> <td>Lectura del dial de carga</td> <td>J</td> <td>488.9</td> <td>498.0</td> <td>484.3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga (R)</td> <td>P</td> <td>1051.3</td> <td>1070.3</td> <td>1041.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Saturado mm. @ 0.01 kPa o 1 mm Hg (pulg. Hg) ± 20 pulg Hg.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa muestra sat. Sup. Seca, g</td> <td>B'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1280.2</td> <td>1241.6</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g</td> <td>C'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>702.8</td> <td>696.3</td> </tr> <tr> <td>Volumen (B'-C'), cm<sup>3</sup></td> <td>E'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>547.4</td> <td>546.3</td> </tr> <tr> <td>Volumen absoluto agua (B'-A), cm<sup>3</sup></td> <td>Z</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>29.9</td> <td>33.8</td> </tr> <tr> <td>% Saturación (100Z/R)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>68.1</td> <td>53.3</td> </tr> <tr> <td>Hinchamiento (100(E'-E)/E)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.91</td> <td>0.79</td> </tr> <tr> <td>Condición de saturación (1)</td> <td></td> <td>24 horas a 60°C agua</td> <td></td> <td></td> <td>18 horas a -18°C ± 3°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espesor mm. (P4R6)</td> <td>T'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>70.4</td> <td>70.5</td> </tr> <tr> <td>Masa muestra sat. Sup. Seca, g</td> <td>B''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1263.6</td> <td>1250.1</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g</td> <td>C''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>705.6</td> <td>702.9</td> </tr> <tr> <td>Volumen (B''-C''), cm<sup>3</sup></td> <td>E''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>548.0</td> <td>547.2</td> </tr> <tr> <td>Volumen de agua Abs. (B''-A), cm<sup>3</sup></td> <td>Z''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>33.3</td> <td>31.8</td> </tr> <tr> <td>% Saturación (100Z''/R)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>75.9</td> <td>72.7</td> </tr> <tr> <td>Hinchamiento (100(E''-E)/E)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.92</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>Lectura del dial de carga</td> <td>Carga</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>406.8</td> <td>397.4</td> </tr> <tr> <td>Carga (R)</td> <td>P''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>880.3</td> <td>861.4</td> </tr> <tr> <td>Fuerza Seca, 2P/p<sup>2</sup>T<sup>2</sup> (psi)</td> <td>Stf</td> <td>60.8</td> <td>62.0</td> <td>60.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fuerza húmeda, 2P/p<sup>2</sup>T<sup>2</sup> (psi)</td> <td>Stm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>51.2</td> <td>49.9</td> </tr> <tr> <td>Baño de humedad visual (2)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Agregado agrietado y roto</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>No presenta agregados fracturados.</td> <td>No presenta agregados fracturados.</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>f</sub>/St<sub>m</sub>) = 82.7%</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Nota:</td> </tr> <tr> <td colspan="7">(1) Acondicionamiento húmedo - 18°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.</td> </tr> <tr> <td colspan="7">(2) Dado por humedad visual - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.</td> </tr> </tbody> </table>						Porcentaje de caucho	150%						Grupo #1		Grupo #2				Descripción	01	02	03	04	05	06	Diametro, mm.	D	101.1	100.5	101.1	100.4	100.8	Espesor (altura), mm.	I	70.2	70.5	70.3	70.5	70.3	Masa seca en aire, g	A	1213.3	1216.9	1208.8	1220.3	1218.5	Masa muestra saturada s, seca, g	B	1234.8	1237.9	1233.8	1241.1	1239.6	Masa en agua, g	C	694.2	695.1	694.8	693.1	697.8	Volumen, cm <sup>3</sup> , (B-C)	E	540.6	542.8	538.0	543.0	542.0	Bulk Gravidad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.244	2.242	2.243	2.247	2.248	Max. Gravidad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.445	2.445	2.445	2.445	2.445	% Vacío (100(G-F)/G)	H	8.2	8.3	8.3	8.1	8.2	Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	44.4	45.1	44.8	43.9	43.7	Lectura del dial de carga	J	488.9	498.0	484.3			Carga (R)	P	1051.3	1070.3	1041.8			Saturado mm. @ 0.01 kPa o 1 mm Hg (pulg. Hg) ± 20 pulg Hg.							Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1280.2	1241.6	Masa en agua, g	C'				702.8	696.3	Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				547.4	546.3	Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	Z				29.9	33.8	% Saturación (100Z/R)					68.1	53.3	Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.91	0.79	Condición de saturación (1)		24 horas a 60°C agua			18 horas a -18°C ± 3°C		Espesor mm. (P4R6)	T'				70.4	70.5	Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1263.6	1250.1	Masa en agua, g	C''				705.6	702.9	Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				548.0	547.2	Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	Z''				33.3	31.8	% Saturación (100Z''/R)					75.9	72.7	Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.92	0.96	Lectura del dial de carga	Carga				406.8	397.4	Carga (R)	P''				880.3	861.4	Fuerza Seca, 2P/p <sup>2</sup> T <sup>2</sup> (psi)	Stf	60.8	62.0	60.2			Fuerza húmeda, 2P/p <sup>2</sup> T <sup>2</sup> (psi)	Stm				51.2	49.9	Baño de humedad visual (2)					0	0	Agregado agrietado y roto					No presenta agregados fracturados.	No presenta agregados fracturados.	Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St <sub>f</sub> /St <sub>m</sub> ) = 82.7%							Nota:							(1) Acondicionamiento húmedo - 18°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.							(2) Dado por humedad visual - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.						
Porcentaje de caucho	150%																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	Grupo #1		Grupo #2																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Descripción	01	02	03	04	05	06																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Diametro, mm.	D	101.1	100.5	101.1	100.4	100.8																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Espesor (altura), mm.	I	70.2	70.5	70.3	70.5	70.3																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Masa seca en aire, g	A	1213.3	1216.9	1208.8	1220.3	1218.5																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Masa muestra saturada s, seca, g	B	1234.8	1237.9	1233.8	1241.1	1239.6																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Masa en agua, g	C	694.2	695.1	694.8	693.1	697.8																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Volumen, cm <sup>3</sup> , (B-C)	E	540.6	542.8	538.0	543.0	542.0																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Bulk Gravidad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.244	2.242	2.243	2.247	2.248																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Max. Gravidad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.445	2.445	2.445	2.445	2.445																																																																																																																																																																																																																																																																																							
% Vacío (100(G-F)/G)	H	8.2	8.3	8.3	8.1	8.2																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	44.4	45.1	44.8	43.9	43.7																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Lectura del dial de carga	J	488.9	498.0	484.3																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Carga (R)	P	1051.3	1070.3	1041.8																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Saturado mm. @ 0.01 kPa o 1 mm Hg (pulg. Hg) ± 20 pulg Hg.																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1280.2	1241.6																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Masa en agua, g	C'				702.8	696.3																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				547.4	546.3																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	Z				29.9	33.8																																																																																																																																																																																																																																																																																							
% Saturación (100Z/R)					68.1	53.3																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.91	0.79																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Condición de saturación (1)		24 horas a 60°C agua			18 horas a -18°C ± 3°C																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Espesor mm. (P4R6)	T'				70.4	70.5																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1263.6	1250.1																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Masa en agua, g	C''				705.6	702.9																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				548.0	547.2																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	Z''				33.3	31.8																																																																																																																																																																																																																																																																																							
% Saturación (100Z''/R)					75.9	72.7																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.92	0.96																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Lectura del dial de carga	Carga				406.8	397.4																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Carga (R)	P''				880.3	861.4																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Fuerza Seca, 2P/p <sup>2</sup> T <sup>2</sup> (psi)	Stf	60.8	62.0	60.2																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Fuerza húmeda, 2P/p <sup>2</sup> T <sup>2</sup> (psi)	Stm				51.2	49.9																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Baño de humedad visual (2)					0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Agregado agrietado y roto					No presenta agregados fracturados.	No presenta agregados fracturados.																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St <sub>f</sub> /St <sub>m</sub> ) = 82.7%																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Nota:																																																																																																																																																																																																																																																																																													
(1) Acondicionamiento húmedo - 18°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.																																																																																																																																																																																																																																																																																													
(2) Dado por humedad visual - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.																																																																																																																																																																																																																																																																																													

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Jefe de Laboratorio Suelos Asfalto

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Graniel Castillo Neyra*  
Ingeniero Civil  
C.P. N° 243518

## ANEXO M

### FICHA TECNICA DEL CEMENTO

ASFALTICO PEN 60/70



## REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO 60/70

LOTE No. 60/70-001-07-2021

REFINERIA LA PAMPILLA S.A.A Camino a Ventanilla km 25 S/N Ventanilla	RECEPCION DE LA MUESTRA 08/07/2021 05:37:38	FECHA DE CERTIFICACION 10/07/2021 14:26:24
PRODUCTO Cemento Refilitex BB75	TANQUE 3398	DESTINO DE PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA Almacenamiento	VOLUMEN CERTIFICADO, m³ 2003	BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	METODO ASTM / OTROS	RESULTADO
PENETRACION		
Penetración a 35 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	64
DUCTILIDAD		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 150
VOLATILIDAD		
Gravedad Específica a 15.6 °C/15.6 °C	D 70 / AASHTO T 228	1.0267
Punto de inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	315.0
Grossidad API, API	D 70 / AASHTO T 228	6.1
FLUIDEZ		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	49.8
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D 446	4360
Viscosidad cinemática a 125°C, cSt	D 2176 / AASHTO T 291	475
ENSAYOS DE PELICULA FINA		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754 / AASHTO T 179	0.08
Penetración rebote, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	71.8
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 150
SOLUBILIDAD		
Solubilidad en Tricloroetileno, % m	D 2642 / AASHTO T 48	98.97
OTROS		
Índice de Penetración	UNE-EN 12591	-6.7
Examen de la Mancha (Hasta-Xtens)	AASHTO T 112	10% sobre, negativo
OBSERVACIONES:		
PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM D946, AASHTO M 20-70 Y NORMA TECNICA PERUANA NTP 321.031		
DISTRIBUCION	FECHA DE EMISION	LABORATORIO
- Operaciones de Despacho - T/T - Laboratorio	10/07/2021	 Pedro Ramos M. Gerente de Laboratorio

**OBSERVACIONES:**

PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM D946, AASHTO M 26-70 Y NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 321.051

## DISTRIBUCIÓN

- Operaciones de Despacho
  - TDT
  - Laboratorio

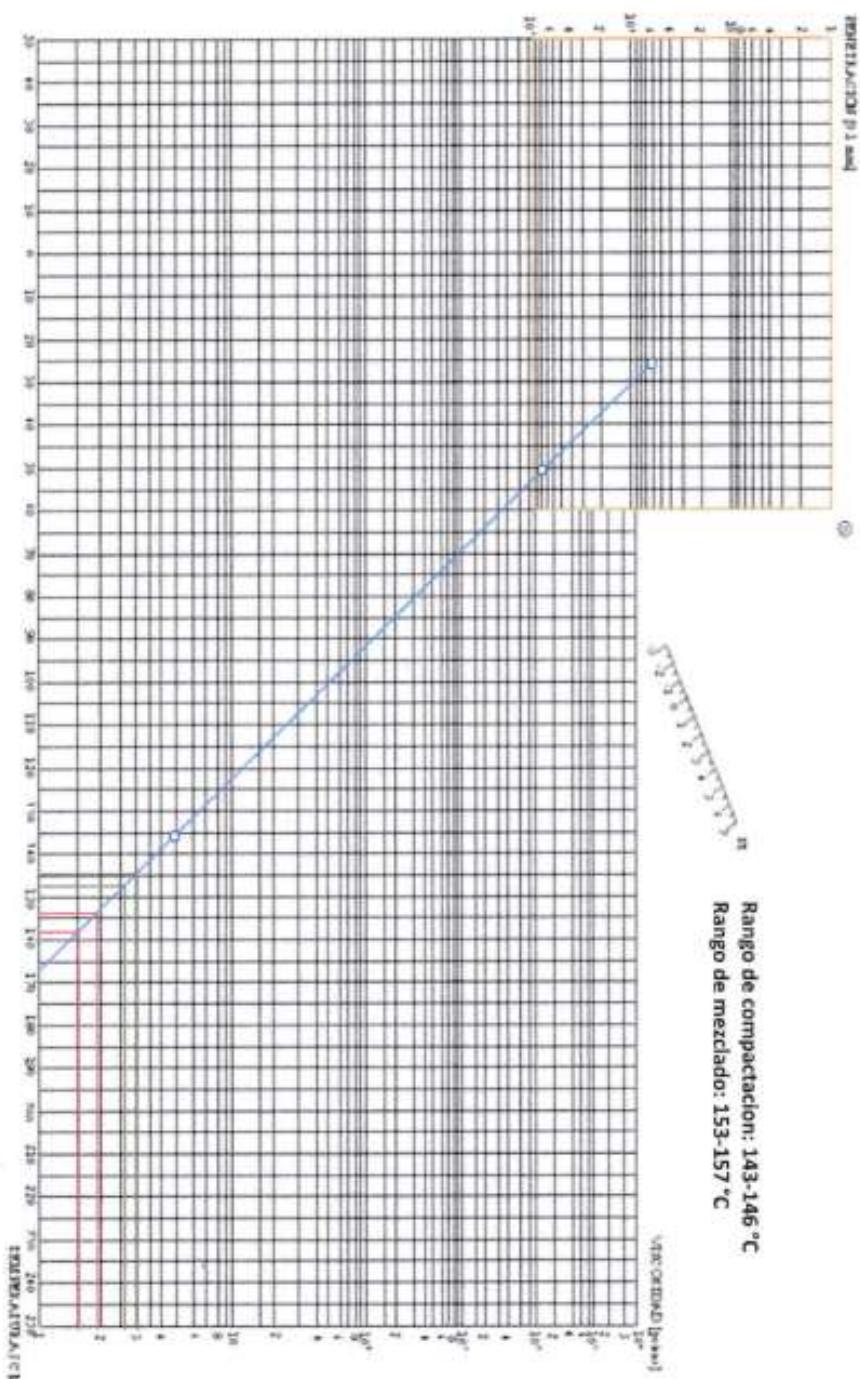
**FECHA DE EMISIÓN**

LABORATORIUM

*Pedro Ramon M.*

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL

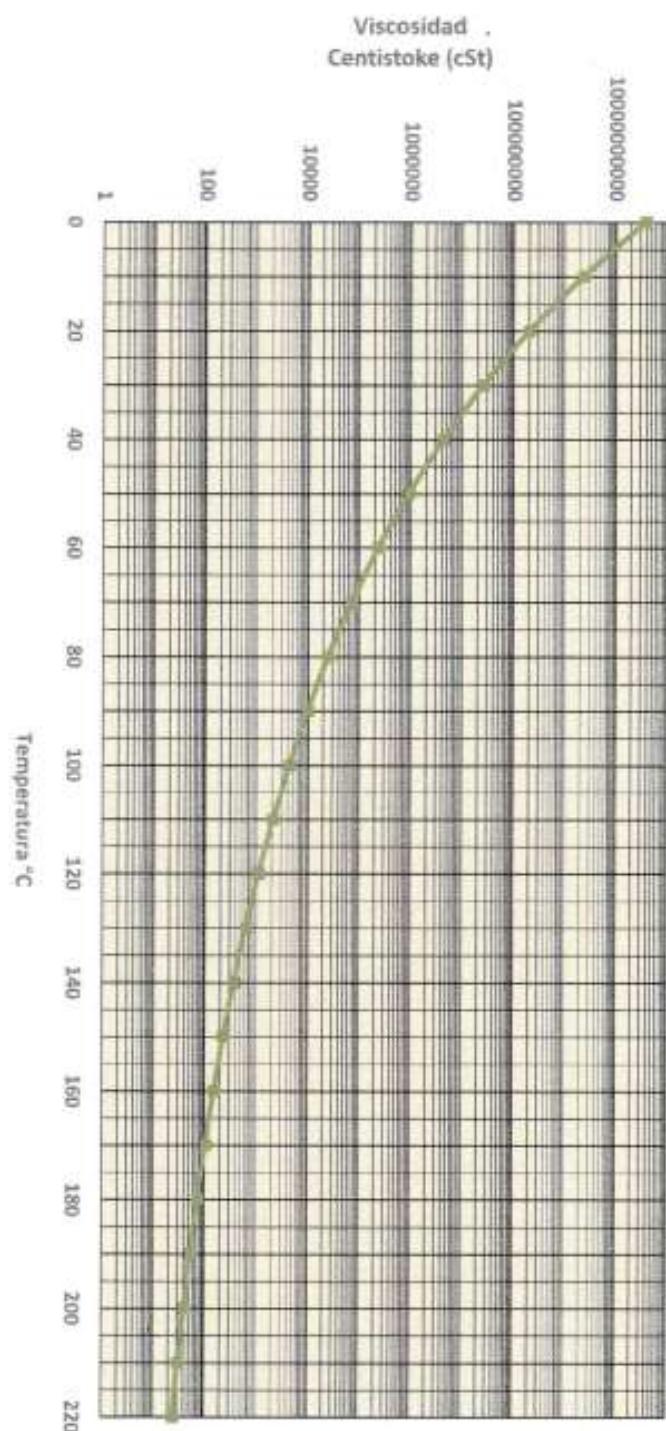
Cemento Asfáltico 60/70  
60/70-001-07-2021



Pedro Rivera M.  
Químico de Laboratorio

Cemento Asfáltico 60/70

60/70-001-07-2021



Pedro Barrios M.  
Científico Laboratorio



## Aplicaciones Asfálticas S.R.L.

Representaciones Importaciones Exportaciones Fabricación Ventas y Servicios

Jiron Bernardo O'Higgins 899 Of. 305 Pueblo Libre Telef. 9970-1976 / 9575-5543 / 448-3577

e-mail: juancarlosferre@yahoo.com

### FICHA TECNICA

#### AR-RED

#### "RADICÓTE"

#### **ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA (ACTIVA-PASIVA) del Par AGREGADO-ASFALTO.**

El Aditivo AR-RED "RADICOTE", es un compuesto orgánico derivado de las amino grasas creado para ser adicionado a materiales bituminosos líquidos, tales como los Cut-Back RC-250 o MC30 (asfaltos líquidos con destilados del petróleo) a temperaturas de trabajo entre 40 -90 °C Los asfaltos semisólidos (cementos asfálticos), temperaturas de mezcla entre 140-150° C y asfaltos modificados con polímeros, a temperaturas de mezcla entre 160 y 180° C destinados a la construcción de pavimentos, a fin de mejorar el comportamiento de los mismos, frente a las condiciones adversas de clima, en zonas frías y/o cálidas y lluviosas, las presencias de sales en los agregados y en los materiales que conforman las capas granulares del pavimento.

#### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Aspecto	Pasta
Color Gardner	12 - 14
Propiedad Física a 25° C	Pasta
Punto de Fusión	30-50
Punto de Inflamación	>200°C
Gravedad Específica	0.83 – 0.90
Dosificación	0.4 - 0.5 % del peso del asfalto para un TSR > 80 %
Prueba Mecánica	Ensayo Lottman Modificado AASHTO T-283 (Completo, con congelamiento – 18C° y 60C°calentamiento)

#### **SOLUBILIDADES**

Agua a 25° C	INSOLUBLE
Gasolina a 25° C	SOLUBLE
Alcohol Isopropílico a 25° C	SOLUBLE

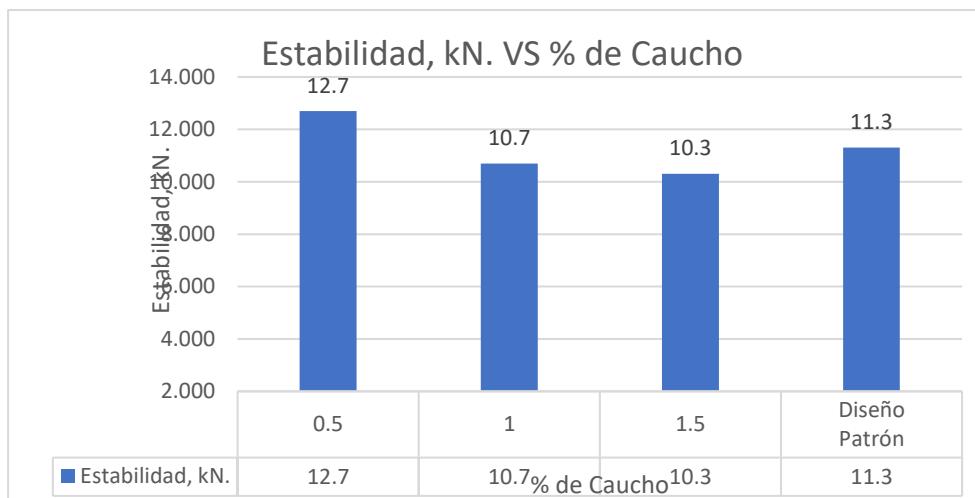
#### **DETERMINACIÓN DE AMINAS**

Humedad (%)	MAX 1%
Amina Secundaria	POSITIVO
Amina Terciaria	POSITIVO

**Nota:** Contamos con las certificaciones otorgadas por el Laboratorio de Estudios Especiales del MTC (Ex - OAT) de los ensayos completos sometidos a congelamiento y calentamiento AASHTO-T 283 segun Norma MTC.EG-2013 donde con una dosificación de .4% del peso del asfalto con nuestro aditivo, se consigue un TSR > 80 . Asimismo certificados de los ensayos de recubrimiento de A.S.T.M. D-1664.

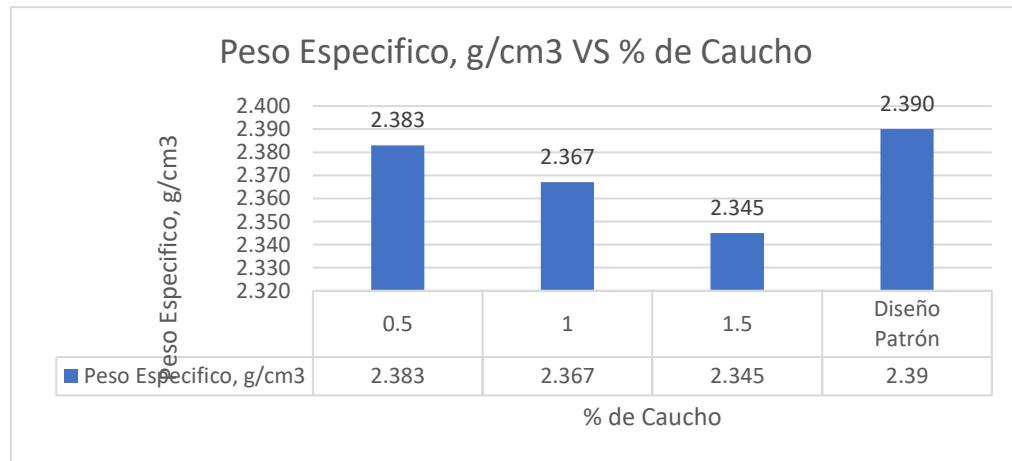
## ANEXO N

**Figura 36**



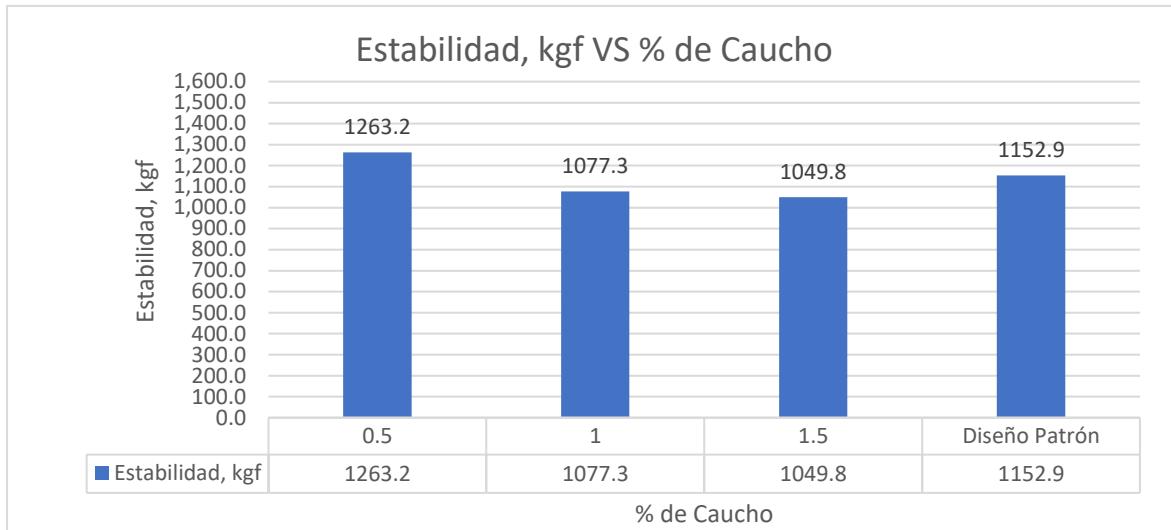
*Fuente: elaboracion propia*

**Figura 37**



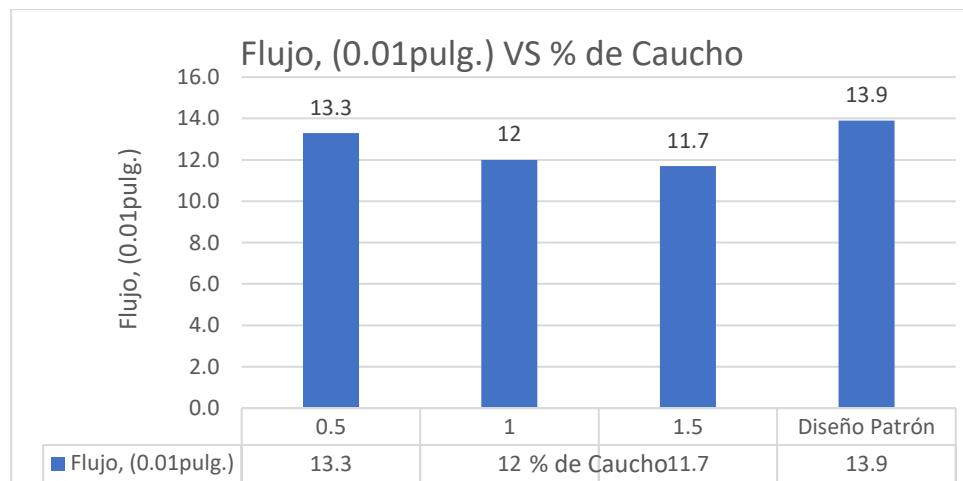
*Fuente: elaboracion propia*

Figura 38



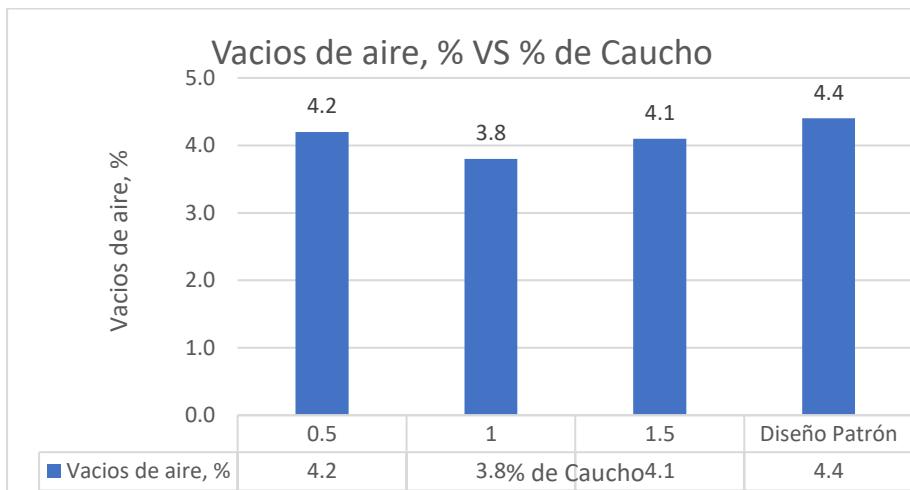
Fuente: elaboración propia

Figura 39



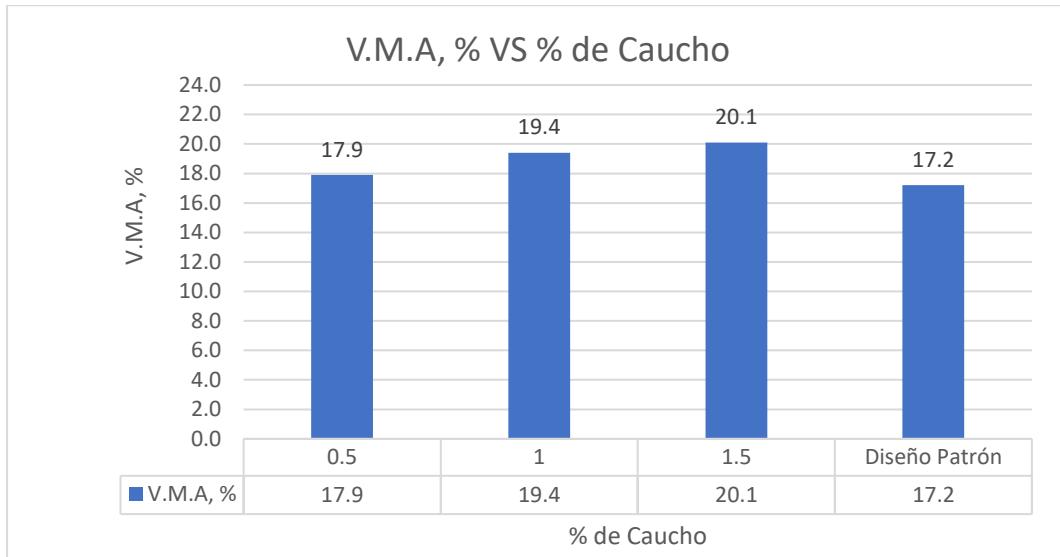
Fuente: elaboración propia

Figura 40



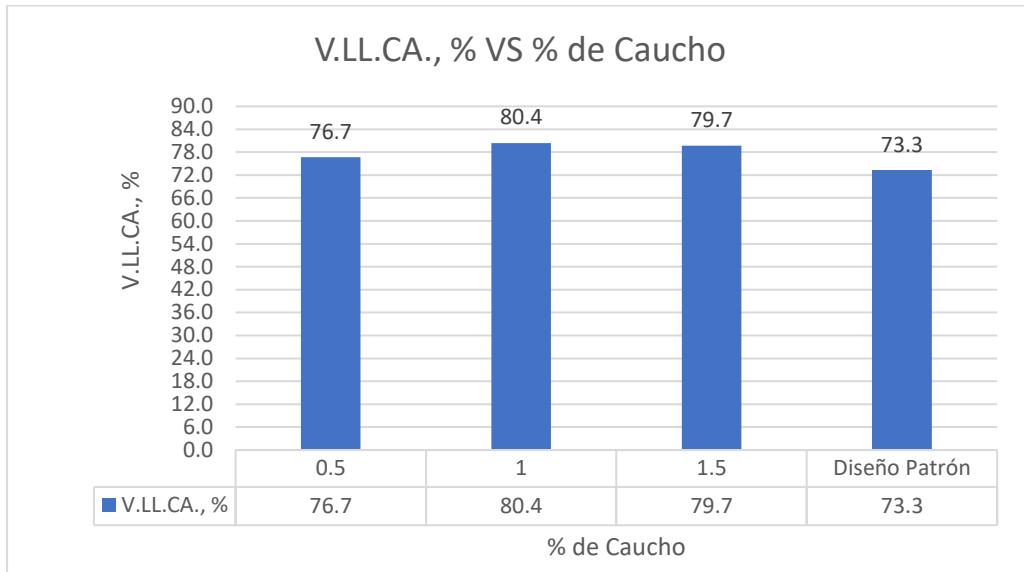
Fuente: elaboracion propia

Figura 41



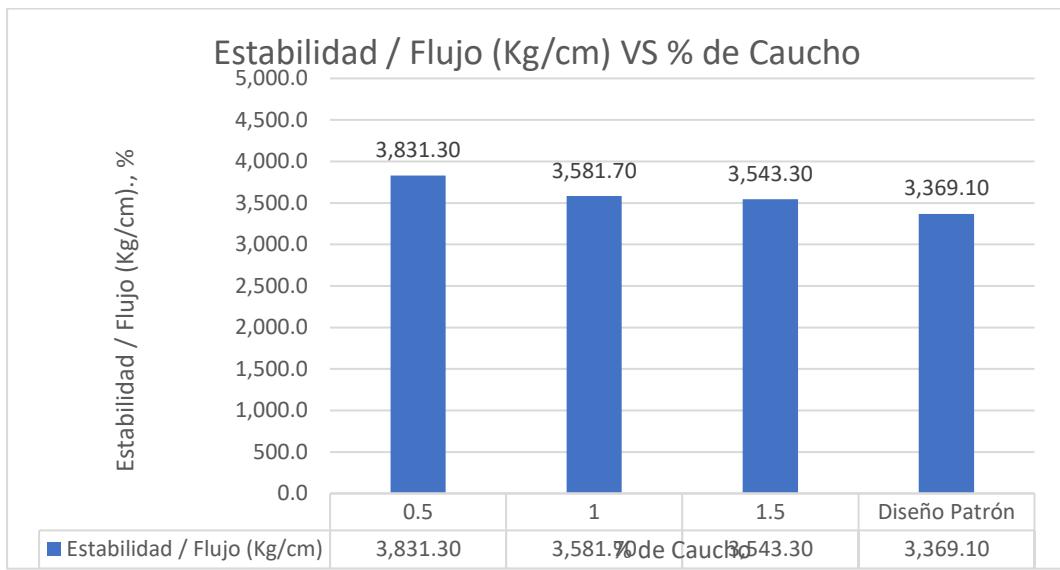
Fuente: elaboracion propia

Figura 42



Fuente: elaboracion propia

**Figura 43**



Fuente: elaboracion propia

***ANEXO O***

***REPORTE DE ENSAYO DE  
RUEDA DE HAMBURGO***

**Figura 44**

TDM Asfaltos		EXPEDIENTE R.H. / LMA 188-2019-LAB TDM ASFALTOS																									
<b>REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO</b> PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS																											
AASHTO T - 324																											
<b>PROYECTO</b> : SERVICIO DE LA CONSERVACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN Y/O REPOSICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL LIMA- CHOSICA - PUENTE RICARDO PALMA Y MALA-CALANCO - LA CAPILLA-EMP PE-22 (RÍO BLANCO) <b>UBICACIÓN</b> : LIMA-CHOSICA - PUENTE RICARDO PALMA <b>SOLICITANTE</b> : EMPRESA CONSTRUCCIONES DELHEAL SAC <b>REFERENCIA</b> : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - HUSO D4 / ASTM D 3515 - MEZCLA MAC 1 <b>F. DE RECEPCIÓN</b> : 18/12/2019																											
<b>INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS O ESPECIMENES DE ENSAYO</b>																											
CANTERA	: CARAPONDO	TIPO DE COMPACTACIÓN	: COMPACTADOR GIRETORIO																								
DESCRIPCIÓN	: GRAVA CHANCADA 1" (53.5%) - ARENA CHANCADA 1/4" (46%)	PORCENTAJE DE VACIOS	: 6.5 %																								
FILLER	: CAL HIDRATADA (1.5%)	CONTENIDO DE ASFALTO	: 5.5 %																								
ASFALTO	: ASFALTO PEN 60/70	DENSIDAD MAXIMA TEÓRICA	: 2.481 g/cm <sup>3</sup>																								
ADITIVO	: 0.4% AR RADICOTE																										
<b>DATOS INICIALES DE LA PRUEBA</b>																											
NÚMERO DE ENSAYO	: 188 - 2019	TEMPERATURA DE ENSAYO	: 50 °C																								
TIPO DE MUESTRA	: Doble Núcleo	NÚMERO MAX. PASADAS	: 20000 pasadas																								
DIÁMETRO	: 150.0 mm	PROFUNDIDAD MAXIMA	: 12.5 mm																								
ESPESOR	: 60.0 mm	VELOCIDAD DE LA RUEDA	: 52 pasadas/min																								
		OPERADOR	: R.V.																								
<b>RESULTADOS FINALES</b>																											
PROFUNDIDAD FINAL RUT	: 6.18 mm																										
TIPO DE MEDIO TÉRMICO	: AGUA																										
FEEDBACK UTILIZADO	: EN EL TANQUE																										
TEMPERATURA MÁXIMA	: 50.5 °C																										
TEMPERATURA MÍNIMA	: 50.1 °C	PASADAS	: 20000																								
<b>OBSERVACIONES</b>																											
■ ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.																											
<b>RUEDA DE HAMBURGO</b>																											
<table border="1"> <caption>Data points estimated from the graph</caption> <thead> <tr> <th>Pasadas (X)</th> <th>Interpenetración (mm) (Y)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>2000</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>4000</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>6000</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>8000</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>10000</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>12000</td><td>4.2</td></tr> <tr><td>14000</td><td>4.6</td></tr> <tr><td>16000</td><td>5.0</td></tr> <tr><td>18000</td><td>5.4</td></tr> <tr><td>20000</td><td>5.8</td></tr> </tbody> </table>				Pasadas (X)	Interpenetración (mm) (Y)	0	0.5	2000	1.5	4000	2.2	6000	2.8	8000	3.3	10000	3.8	12000	4.2	14000	4.6	16000	5.0	18000	5.4	20000	5.8
Pasadas (X)	Interpenetración (mm) (Y)																										
0	0.5																										
2000	1.5																										
4000	2.2																										
6000	2.8																										
8000	3.3																										
10000	3.8																										
12000	4.2																										
14000	4.6																										
16000	5.0																										
18000	5.4																										
20000	5.8																										
<b>MÉTODOS DE ENSAYO</b>																											
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ AASHTO T 324 - 14 HAMBURG WHEEL-TRACK TESTING OF COMPACTED HOT MIX ASPHALT (HMA)</li> <li>■ AASHTO R 30 MIXTURE CONDITIONING OF HOT MIX ASPHALT (HMA)</li> <li>■ AASHTO T 312 PREPARING AND DETERMINING THE DENSITY OF ASPHALT MIXTURE SPECIMENS BY MEANS OF THE SUPERPAVE GYRATORY COMPACTOR</li> <li>■ ASTM D2728 PESO ESPECÍFICO APARENTE Y PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS CON SUPERFICIE SECA</li> <li>■ ASTM D2041 PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</li> <li>■ ASTM D3203 PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS</li> </ul>																											
 Guillermo Vera B. Analista de Laboratorio		  Wendy Herencia Jefe del Área Técnica																									
Fecha de reporte : Lima, 21 de diciembre del 2019																											
EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO																											
REG-III-TEC-089.V01																											

*Fuente: elaborado por laboratorio*

## ANEXO P

### PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE TESIS

### CRONOGRAMA

## PRESUPUESTO DEL PROYECTO

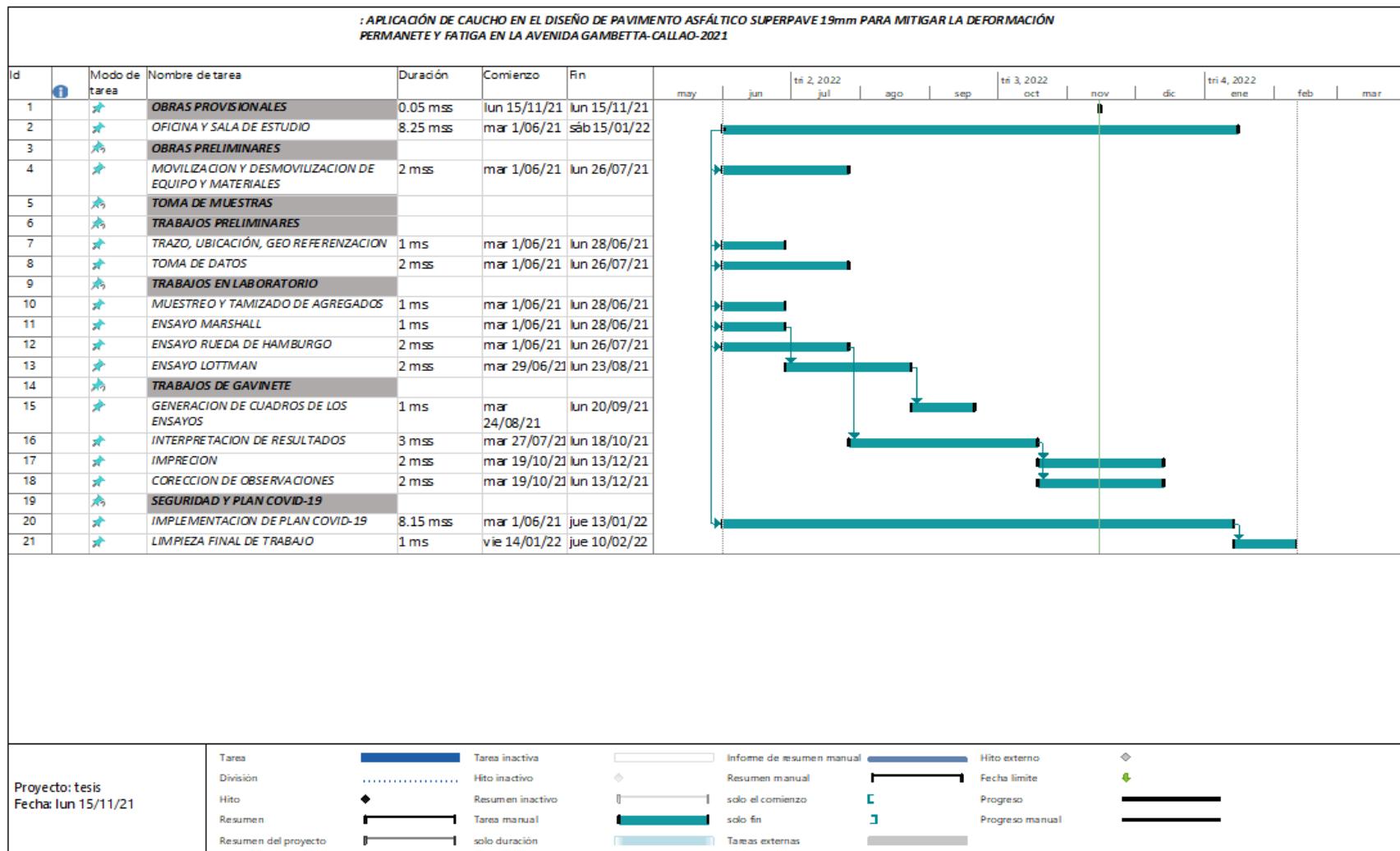
Presupuesto	<b>: APLICACIÓN DE CAUCHO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO SUPERPAVE 19mm PARA MITIGAR LA DEFORMACIÓN PERMANENTE Y FATIGA EN LA AVENIDA GAMBETTA-CALLAO-2021</b>				
Cliente	JOSEPH TUCTO INGA, JOSÉ ÁNGEL CÁRDENAS HUAMÁN				Costo al
Lugar	VENTANILLA -CALLAO				11/11/2021
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S./	Parcial S./
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>4,000.00</b>
01.02	OFICINA Y SALA DE ESTUDIO	mes	8.00	500.00	4,000.00
<b>02</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>1,500.00</b>
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y MATERIALES	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
<b>03</b>	<b>TOMA DE MUESTRAS</b>				<b>13,735.00</b>
03.01	TRABAJOS PRELIMINARES				<b>2,520.00</b>
03.01.01	TRAZO, UBICACIÓN, GEO REFERENCIACION	m2	7,200.00	0.20	1,440.00
03.01.02	TOMA DE DATOS	m2	7,200.00	0.15	1,080.00
<b>03.02</b>	<b>TRABAJOS EN LABORATORIO</b>				<b>8,130.00</b>
03.02.01	MUESTREO Y TAMIZADO DE AGREGADOS	glb	9.00	70.00	630.00
03.02.02	ENSAYO MARSHALL	glb	3.00	750.00	2,250.00
03.02.03	ENSAYO RUEDA DE HAMBURGO	glb	3.00	1,000.00	3,000.00
03.02.04	ENSAYO LOTTMAN	glb	3.00	750.00	2,250.00
<b>03.03</b>	<b>TRABAJOS DE GAVINETE</b>				<b>655.00</b>
03.03.01	GENERACION DE CUADROS DE LOS ENSAYOS	glb	20.00	11.90	238.00
03.03.02	INTERPRETACION DE RESULTADOS	glb	3.00	40.00	120.00
03.03.03	IMPRECION	glb	270.00	0.50	135.00
03.03.03	CORECCION DE OBSERVACIONES	glb	270.00	0.60	162.00
<b>03.04</b>	<b>SEGURIDAD Y PLAN COVID-19</b>				<b>2,430.00</b>
03.04.01	IMPLEMENTACION DE PLAN COVID-19	glb	9.00	250.00	2,250.00
09.02	LIMPIEZA FINAL DE TRABAJO	glb	9.00	20	180.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>19,235.03</b>
<b>GASTOS GENERALES (8%)</b>					<b>1,538.80</b>
<b>UTILIDADES (7%)</b>					<b>1,346.45</b>
<b>SUB TOTAL</b>					<b>22,120.28</b>
<b>IGV (18%)</b>					<b>3,981.65</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>26,101.94</b>

Fuente: elaboración propia

## CRONOGRAMA DEL PROYECTO

CRONOGRAMA VALORIZADO PROGRAMADO												
Item	DESCRIPCION	Und.	METRADO	Precio (\$.)	Parcial (\$.)	AVANCE MENSUAL VALORIZADO						PARCIAL
						MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	
01	OBRAS PROVISIONALES				4,000.00							
01.02	OFICINA Y SALA DE ESTUDIO	mes	8.00	500.00	4,000.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	640.00
02	OBRAS PRELIMINARES				1,500.00							
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y MATERIALES	glb	1.00	1,500.00	1,500.00	750.00	750.00					1,500.00
03	TOMA DE MUESTRAS				13,554.99							
03.01	TRABAJOS PRELIMINARES				2,520.00							
03.01.01	TRAZO, UBICACIÓN, GEO REFERENCIACION	m2	7,200.00	0.20	1,440.00	1,440.00						1,440.00
03.01.02	TOMA DE DATOS	m2	7,200.00	0.15	1,080.00	432.00	648.00					1,080.00
03.02	TRABAJOS EN LABORATORIO				8,130.00							
03.02.01	MUESTREO Y TAMIZADO DE AGREGADOS	glb	9.00	70.00	630.00	630.00						630.00
03.02.02	ENSAYO MARSHALL	glb	3.00	750.00	2,250.00	2,250.00						2,250.00
03.02.03	ENSAYO RUEDA DE HAMBURGO	glb	3.00	1,000.00	3,000.00	2,700.00	300.00					3,000.00
03.02.04	ENSAYO LOTTMAN	glb	3.00	750.00	2,250.00		1,350.00	900.00				2,250.00
03.03	TRABAJOS DE GAVINETE				655.00							
03.03.01	GENERACION DE CUADROS DE LOS ENSAYOS	glb	20.00	11.90	238.00		119.00	119.00				238.00
03.03.02	INTERPRETACION DE RESULTADOS	glb	3.00	40.00	120.00		36.00	48.00	36.00			120.00
03.03.03	IMPRECION	glb	270.00	0.50	135.00							135.00
03.03.03	CORECCION DE OBSERVACIONES	glb	270.00	0.60	162.00							129.60
03.04	SEGURIDAD Y PLAN COVID-19				2,249.99							
03.04.01	IMPLEMENTACION DE PLAN COVID-19	glb	9.00	250.00	2,250.00	315.00	315.00	315.00	315.00	315.00	315.00	360.00
09.02	LIMPIEZA FINAL DE TRABAJO	glb	9.00	20	180.00							180.00
COSTO DIRECTO						9,077.00	3,923.00	1,930.00	1,042.00	911.00	1,072.10	1,279.90
GASTOS GENERALES 8 %						726.16	313.84	154.40	83.36	72.88	85.77	102.39
UTILIDAD 7%						635.39	274.61	135.10	72.94	63.77	75.05	89.59
SUB TOTAL						10,438.55	4,511.45	2,219.50	1,198.30	1,047.65	1,232.92	1,471.88
IGV 18%						1,878.94	812.06	399.51	215.69	188.58	221.93	264.94
PRESUPUESTO TOTAL						12,317.49	5,323.51	2,619.01	1,413.99	1,236.23	1,454.85	1,736.82
AVANCE MENSUAL PROGRAMADO						47.19%	20.40%	10.03%	5.42%	4.74%	5.57%	6.65%
AVANCE PROGRAMADO ACUMULADO						47.19%	67.59%	77.62%	83.04%	87.77%	93.35%	94.43%

Fuente: elaboracion propia



Fuente: elaboracion propia

Joseph Tucto Inga, José Ángel Cárdenas Huamán