



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole Polietileno de Tereftalato (PET) en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25%, Nuevo Chimbote, Ancash-2020”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

López Cortez Carlos Armando (ORCID: 0000-0001-7177-2380)

Nonato Cruzalegui Brayan Andre (ORCID: 0000-0002-2729-3005)

**ASESOR:**

Mgtr. Muñoz Arana José Pepe (ORCID: 0000-0002-9488-9650)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**CHIMBOTE- PERÚ**

**2020**

## Dedicatoria

**A Dios** por ser mi guía en esta travesía estudiantil, brindándome la sabiduría necesaria, así como calma y esperanza en los momentos difíciles.

**A mis padres;** Julio Nonato y Laura Cruzalegui, quienes con mucho esfuerzo me sacaron adelante, trabajando constantemente para poder apoyarme, les agradezco y a la vez les demuestro, que estando juntos podemos conseguir todo lo que nos proponemos.

**A mis abuelos;** Alcides Cruzalegui y Juana Sifuentes, quienes arduamente me aconsejaron en no rendirme, brindándome consejos y el apoyo que necesite para continuar con mis sueños.

**A mis familiares;** por recibirme siempre con las puertas abiertas en sus hogares, así como por sus consejos brindados, en ellos encontré la experiencia necesaria para continuar con mis metas.

Brayan Andre Nonato Cruzalegui

**A Dios** por brindarme salud y esperanza para poder culminar este largo camino universitario lleno de obstáculos.

**A mis padres;** por el esfuerzo realizado para apoyarme en todo momento para poder conseguir este primer paso en la vida académica.

**A las personas;** que formaron parte de todo este trayecto que me compartieron su conocimiento y amistad.

Carlos Armando López Cortez

## **Agradecimiento**

**A Dios;** porque en su infinita bondad me ha brindado fortaleza y sabiduría.

**A mis padres;** por su dedicación, por su desprendimiento, por sus sabios consejos y nobles valores que ayudaron en mi formación.

**A mis amigos y personas** que me apoyaron en la etapa estudiantil, gracias por sus consejos y su apoyo.

**A mis asesores;** Al Mgtr. José Muñoz por las acertadas orientaciones, y observaciones, que me han permitido culminar exitosamente el presente trabajo de investigación.

Brayan Andre Nonato Cruzalegui

**A dios;** porque en su misericordia me brindo fuerza y esperanza para llegar al fin de esta etapa universitaria.

**A mis padres y hermanos** quienes son el soporte que se necesita para realizar este largo trayecto.

**A los asesores;** a la Mgtr Luz Álvarez Asto y al Mgtr José Muñoz por encaminarnos mediante sus críticas y orientaciones.

Carlos Armando López Cortez

## Índice de contenidos

	Pág.
Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización .....	16
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	18
3.5. Procedimiento .....	19
3.6. Método de análisis de datos .....	22
3.7. Aspectos Éticos.....	22
IV. RESULTADOS .....	23
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES .....	65
VII. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS .....	67
ANEXOS.....	76

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla N°1: Propiedades físico-mecánicas del PET .....	23
Tabla N° 2: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica patrón MAC-1 .....	25
Tabla N° 3: Dosificación para diseño Marshall .....	27
Tabla N° 4: Cuadro resumen patrón.....	31
Tabla N° 5: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 0.75% de PET MAC-1.....	32
Tabla N° 6: Dosificación para diseño Marshall .....	34
Tabla N° 7: Cuadro resumen con 0.75% de PET .....	38
Tabla N° 8: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 1.00% de PET MAC-1.....	39
Tabla N° 9: Dosificación para diseño Marshall .....	41
Tabla N° 10: Cuadro resumen con 1.00% de PET .....	45
Tabla N° 11: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 1.25% de PET MAC-1.....	46
Tabla N° 12: Dosificación para diseño Marshall .....	48
Tabla N° 13: Cuadro resumen con 1.25% de PET .....	52
Tabla N° 14: Cuadro resumen del óptimo contenido de PET .....	56
Tabla N° 15: Resumen de los resultados obtenidos del informe de laboratorio .....	57
Tabla N° 16: Análisis de varianza – Comprobación de la hipótesis .....	58
Tabla N° 17: Matriz de operacionalización de variables .....	78
Tabla N° 18: Matriz de consistencia .....	98
Tabla N° 19: Gradación de los agregados.....	93
Tabla N° 20: Requerimientos para los agregados gruesos.....	94
Tabla N° 21: Requerimientos para los agregados gruesos.....	94
Tabla N° 22: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso .....	95
Tabla N° 23: Criterios de diseño Marshall .....	96

## Índice de gráficos

	Pág.
Gráfico N° 1: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica patrón.....	26
Gráfico N° 2: Peso Unitario vs Porcentaje de C.A. ....	27
Gráfico N° 3: Vacíos vs Porcentaje de C.A.....	28
Gráfico N° 4: Vacíos de Agregado mineral vs Porcentaje de C.A.....	28
Gráfico N° 5: Flujo vs Porcentaje de Porcentaje de C.A.....	29
Gráfico N° 6: Estabilidad vs Porcentaje de C.A. ....	29
Gráfico N° 7: Vacíos llenos de C.A. vs Porcentaje de C.A.....	30
Gráfico N° 8: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 0.75% de PET.....	33
Gráfico N° 9: Peso Unitario vs Porcentaje de C.A. ....	34
Gráfico N° 10: Vacíos vs Porcentaje de C.A.....	35
Gráfico N° 11: Vacíos de Agregado mineral vs Porcentaje de C.A.....	35
Gráfico N° 12: Flujo vs Porcentaje de Porcentaje de C.A.....	36
Gráfico N° 13: Estabilidad vs Porcentaje de C.A. ....	36
Gráfico N° 14: Vacíos llenos de C.A. vs Porcentaje de C.A.....	37
Gráfico N° 15: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 1.00% de PET.....	40
Gráfico N° 16: Peso unitario vs Porcentaje C.A.....	41
Gráfico N° 17: Vacíos vs Porcentaje de C.A.....	42
Gráfico N° 18: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A. ....	42
Gráfico N° 19: Flujo vs Porcentaje de C.A.....	43
Gráfico N° 20: Estabilidad vs Porcentaje de C.A. ....	43
Gráfico N° 21: Vacíos llenos con C.A. vs Porcentaje de C.A.....	44
Gráfico N° 22: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 1.25% de PET.....	47
Gráfico N° 23: Peso unitario vs Porcentaje C.A.....	48
Gráfico N° 24: Vacíos vs Porcentaje de C.A.....	49
Gráfico N° 25: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A. ....	49

Gráfico N° 26: Flujo vs Porcentaje de C.A.....	50
Gráfico N° 27: Estabilidad vs Porcentaje de C.A. ....	50
Gráfico N° 28: Vacíos llenos con C.A. vs Porcentaje de C.A. ....	51
Gráfico N° 29: Comparación de Peso Unitario M-P vs M-PET 1.00%.....	53
Gráfico N° 30: Comparación de Porcentaje de Vacíos M-P vs M-PET 1.00% .....	53
Gráfico N° 31: Comparación de Estabilidad entre M-P vs M-PET 1.00% .....	54
Gráfico N° 32: Comparación del flujo entre la M-P vs M-PET 1.00%.....	54
Gráfico N° 33: Comparación de Vacíos de agregado mineral entre M-P vs M-PET 1.00%.....	55
Gráfico N° 34: Curva de FISHER .....	58

## Resumen

El proyecto de investigación consistió en determinar las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole Polietileno de Tereftalato en porcentajes de 0.75%, 1.00% y 1.25% triturado, por lo cual se recopiló información relacionado al tema, para ellos, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole 0.75, 1.00% y 1.25% de Polietileno de Tereftalato?; la investigación se justificó con la adición de Polietileno de Tereftalato reciclado triturado en porcentajes de 0.75%, 1.00% y 1.25% proveniente de botellas de plástico usados en la mezcla asfáltica con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas convirtiéndolo en una mezcla modificada, para ello, se planteó la siguiente hipótesis el adicionar PET en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25% a la mezcla asfáltica mejorará las propiedades mecánicas del asfalto, Nuevo Chimbote – 2020, teniendo como objetivo general determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole 0.75 %, 1.00% y 1.25% de PET, la metodología empleada fue cuasi-experimental. La recopilación de datos se realizó mediante ensayos realizados en el laboratorio Geolab de mecánica de suelos, donde se diseñó primeramente una mezcla patrón, continuamente una mezcla modificada con 0.75%, 1.00% y 1.25% de PET reciclado triturado en relación al peso de las briquetas patrón, posteriormente, se sometió al ensayo Marshall según el manual de ensayo de materiales redactado por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC E504), que permitió determinar la estabilidad y flujo tanto de la mezcla patrón como de la mezcla modificada con 0.75%, 1.00% y 1.25% de PET reciclado triturado, luego mediante el procesamiento de datos y representación gráfica de los resultados mediante el software Excel, así como el Anova, se determinó que efectivamente la adición de 1.00% de PET reciclado triturado mejoro la estabilidad y el flujo de a mezcla asfáltica modificada.

**Palabras Clave:** Mezcla asfáltica, propiedades mecánicas, Polietileno de Tereftalato.

## Abstract

The research project consisted of determining the mechanical properties of hot asphalt by adding Polyethylene Terephthalate in percentages of 0.75%, 1.00% and 1.25% crushed, for which information related to the subject was collected, for them, the question was raised: What is the behavior of the mechanical properties of hot asphalt by adding 0.75, 1.00% and 1.25% of Polyethylene Terephthalate? The research was justified with the addition of recycled Terephthalate Polyethylene crushed in percentages of 0.75%, 1.00% and 1.25% from plastic bottles used in the asphalt mix in order to improve its mechanical properties, converting it into a modified mix, For this, the following hypothesis was proposed: adding PET in percentages of 0.75%, 1% and 1.25% to the asphalt mixture will improve the mechanical properties of the asphalt, Nuevo Chimbote - 2020, with the general objective of determining the behavior of the asphalt mechanics hot adding 0.75%, 1.00% and 1.25% of PET, the methodology used was quasi-experimental. The data collection was carried out through tests carried out in the Geolab soil mechanics laboratory, where a standard mixture was first designed, continuously a modified mixture with 0.75%, 1.00% and 1.25% of crushed recycled PET in relation to the weight of the briquettes. The standard was subsequently subjected to the Marshall test according to the materials testing manual drawn up by the Ministry of Transportation and Communications (MTC E504), which will determine the stability and flow of both the standard mixture and the modified mixture with 0.75%, 1.00 % and 1.25% of crushed recycled PET, then through data processing and graphic representation of the results using Excel software, as well as Anova, it was determined that effectively the addition of 1.00% of crushed recycled PET improved the stability and flow of a modified asphalt mix.

**Keywords:** Asphalt mixture, mechanical properties, Polyethylene Terephthalate.

## I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras son fundamentales para el desarrollo y la sostenibilidad de un país, permitiendo una conexión externa e interna, así como brindándole un mayor nivel de competitividad, creando un balance económico y paralelamente la inclusión social, por lo cual, los materiales que constituyen estas carreteras deben ser resistentes, duraderos y de buena calidad, así mismo, estas carreteras están conformadas por pavimentos; según el Manual de Carreteras (2013, p.21), así como Burgos (2014, p.3) definieron que son un conjunto de capas superpuestas una sobre otra, estando sometidas a cargas fijas y móviles, por lo que deben cumplir ciertos requisitos, como ser resistente a la acción de cargas vehiculares, ser resistente al efecto abrasivo de las llantas, ser duradero, ser resistente a los agentes de la intemperie, ser impermeable y económico.

Además, Rondón y Reyes (2015, p.69), así como Bahamondes, Echaveguren y Vargas (2013, p.2) en su artículo, Assessment of pavement concrete blocks design methods indicaron, que proporcionar una buena mezcla entre los agregados, así como tener una idónea adhesión y cohesión con todos los materiales, genera que pueda soportar la acción mecánica de separación, producida por las cargas vehiculares.

Por lo mencionado anteriormente, la adhesión y cohesión se puede observar mejor en los pavimentos tipo flexible, los cuales son abundantes en el Perú, estando conformados por una carpeta de rodadura, esta a su vez, según Ullauri, Friend y Barzola (2018, p. 1) en su artículo, Physical-mechanical analysis of asphalt mortars made from recycled materials, indicaron que están compuestas por una mezcla asfáltica, proveniente de la combinación de elementos pétreos con cemento asfáltico, dicha mezcla, paralelamente presenta problemas como, baja resistencia a la fatiga y deformaciones, generando fallas en el pavimento. Por lo cual, Huamán y Chang (2015, pp. 26-27) en su artículo, The permanent deformation in the asphalt mixtures and the consequent deterioration of asphalt pavements in Peru, indicaron que la durabilidad de los pavimentos asfálticos está influenciado concisamente por el clima del sector en el que están ubicados, conjuntamente se deben contemplar otros parámetros como la capacidad y continuidad de las cargas de tránsito, las propiedades de los materiales que lo

conforman, las características de la subrasante, el sereno, el proceso constructivo, entre otros; estos factores, en conjunto, afectan sensiblemente el desempeño del pavimento y dan paso a desarrollar fallas por anomalía permanente, según la Revista Peruana URP Perfiles de Ingeniería.

De igual forma, Rondón y Reyes (2015, p.2) resaltan que, el asfalto es un elemento aislador, cohesivo, adherente, y suficientemente fuerte para soportar esfuerzos instantáneos grandes, pero paralelamente se ve afectado por cargas permanentes, que suelen ocasionar ahuellamientos o deformaciones en la carpeta de rodadura.

Paralelamente para Flores, Bonifaz y Huerta (2013, p.2) en su artículo "Design of a flexible pavement adding Polyethylene Terephthalate as constitutive material with asphalt cement AC-20", así como Sulyman, Haponiuk y Formela (2016, p.1) en su artículo Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Engineering Materials: A Review, indicaron que el uso indiscriminado de botellas de plástico (PET) genera contaminación ambiental, creando un situación crítica que afecta a todo el mundo, pero viéndolo desde otro punto, estos materiales pueden ser reutilizados dándoles un uso técnico en el diseño de mezclas asfálticas, debido a sus propiedades como la flexibilidad y durabilidad. Por eso, Botero, Muñoz y Romo (2014, p. 3) en su artículo, Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET) and geotechnical applications., indicaron que demora en degradarse cerca de 500 años, por lo que todavía no se ha degradado el primer residuo de PET generado en el mundo, ya que se dio en 1976 según la Revista Colombiana Facultad de Ingeniería.

Por otra parte, Arteaga (2018, p.2) indico que el PET es un elemento muy estable, inmune al ataque de microorganismos, no es biodegradable, no genera reacción alguna con diferentes sustancias, es ligero y reciclable en su totalidad, por lo cual, es apto para ser usado en el rubro de construcción civil. Complementando lo expuesto por el autor anterior, Silvestre (2017, p.16) así como Mardones [et al]. (2019, p. 1) en su artículo, Evaluation of mechanical properties of asphalt mixtures with incorporation of aramid and polypropylene synthetic fibers, expresaron, que en el Perú es necesario estimular la elaboración de pavimentos estructuralmente novedosos y ecológicos a fines de ampliar su preservación, esto redundara en la

reducción de gastos económicos a mediano y largo plazo, de este modo el reciclaje de PET se vuelve una necesidad, generándose una sensibilización moderada para mitigar el impacto generado, convirtiéndose en una alternativa recomendable para las carreteras.

En la provincia del Santa, en especial en las carreteras de Nuevo Chimbote, se nota un desgaste progresivo que no ha sido debidamente evaluado, ni estudiado a través del tiempo; la falta de adherencia entre los áridos y el ligante asfáltico en la superficie de rodadura, ha provocado también estos desgastes a consecuencia de la intensidad del tránsito, el uso de materiales inadecuados, efectos climáticos, el mal drenaje, entre otros factores, han sido perjudiciales para el mismo, por ello, surge la necesidad de realizar un trabajo de investigación para determinar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente adicionándole Polietileno de Tereftalato en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25% como parte de solución a los daños que se presentan.

Teniendo en cuenta lo anterior podemos formular la siguiente interrogante. ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole 0.75, 1 y 1.25% de Polietileno de Tereftalato?

Sucesivamente se justificó el trabajo de investigación, iniciando en el ámbito teórico, ya que la adición de PET reciclado ya sea en partículas o en polvo desarrolla la propiedad de estabilizar a la mezcla frente a fuerzas externas, se le incorpora a la mezcla asfáltica para optimizar sus propiedades mecánicas y mitigar la sensibilidad a las altas y bajas temperaturas así mismo también a la humedad, por lo cual al incorporarle este agente modificador(PET) eleva la adhesión entre los componentes y el asfalto, así mismo eleva la resistencia a las deformaciones y su flexibilidad, reduciendo el agrietamiento, con lo cual socialmente brinda una mejor carpeta de rodadura beneficiando a la población. Así mismo Romero, Bonifaz y Revelo (2014, p. 2) en su artículo Design of Hot Asphalt Mixtures Modified with Elastomer (rubber) and Polyethylene Terephthalate recycled with AC-20 Asphalt indican que el PET es 100% reciclable lo cual ayudará a mitigar el impacto ambiental generado en el mundo presentando características tales como resistencia a la corrosión y el desgaste, un mejor coeficiente de deslizamiento, una elevada resistencia térmica y química, así como

aislador de la humedad, lo cual nos lleva al ámbito económico en el cual la adicción de PET reducirá gastos inmensurables en mantenimientos o reparaciones en la carpeta de rodadura, de igual forma Mancy (2017, p.5) en su artículo Modification of hot mix asphalt using polyethylene therephthalate (PET) waste bottles, recomienda reutilizar PET como material eficaz para modificar los asfaltos convencionales.

Continuamente se tiene como objetivo general, determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole 0.75 %, 1% y 1.25% de PET, para lograr este objetivo se debe determinar las propiedades físicas del Polietileno de tereftalato (PET), así como determinar la estabilidad, el flujo y las características volumétricas en la mezcla asfáltica estándar y modificada, continuamente determinar el porcentaje de polietileno de tereftalato óptimo que mejorará las propiedades mecánicas del asfalto.

Motivo por el cual, surge la siguiente hipótesis, el adicionar PET en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25% a la mezcla asfáltica mejorará las propiedades mecánicas del asfalto.

## II. MARCO TEÓRICO

Debido a los constantes problemas que presenta la carpeta de rodadura y contemporáneamente el uso indiscriminado del PET, se han generado estudios en muchos países, considerando necesario un procedimiento de evaluación, para ello, era indispensable conocer algunos trabajos realizados previamente por otros investigadores, con la finalidad de tener una noción de los resultados que obtuvieron.

Siendo así Ortiz (2017), en Guatemala, en su tesis “Mezclas asfálticas en caliente adicionando Tereftalato de Polietileno como agregado por el método Marshall” definió como objetivo primordial evaluar las propiedades mecánicas y físicas de un diseño de mezcla asfáltica modificada a través del método Marshall para el cual designaron 3 probetas como muestras de 1050 gramos de agregados cada una a los cuales le adicionaron un 5% de PET arrojándoles resultados deficientes debido a que no cumple con la normal ASTM D1559 (parámetros de carga, deformaciones y porcentaje de vacíos) ya que las características de adherencia del elemento es mínima respecto a los demás agregados y el bitumen. Por otro lado, la resistencia de la mezcla asfáltica alterada dio resultados bajo los límites definiéndola como inestable debido a que el PET actúa como un vacío en la mezcla.

En síntesis, Ortiz considera que la adición de PET en 5% es deficiente, debido a que actúa como un vacío en la mezcla, ya que este reemplaza a un porcentaje del cemento asfáltico.

Así mismo, Forigua y Pedraza (2014), en Colombia – Bogotá, en su tesis “Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios de plástico” planteó una mezcla asfáltica modificada a través de la incorporación de residuos plásticos, para determinar si ocasiona cambios en sus propiedades mecánicas. Tomó como muestra 15 probetas (briquetas), por lo cual concluyó que por el método Marshall el 0.4% es el porcentaje óptimo que mejora las propiedades mecánicas del asfalto a través de trozos de residuos plásticos respecto al peso de cada muestra. A su vez evidenciaron que en la mezcla alterada hubo un aumento circunstancial en la durabilidad indicando que ya

podrá ser afectada por microorganismos, agentes atmosféricos (humedad, ozono, oxígeno, agua, calor) y las cargas vehiculares, también definieron que es aplicable en porcentajes bajos, del 0.4% para muestras de 25/50 golpes por el método Marshall.

En síntesis, los autores indican que el porcentaje óptimo para tránsito bajo es de 0.4% de PET, sustituyendo al agregado fino.

Por otro lado, en el ámbito nacional Navarro (2017), en Perú – Pimentel, en su tesis “Propuesta de diseño de Mezclas asfálticas con adiciones de PET” tiene como objetivo crear una mezcla asfáltica con la incorporación de PET la cual deberá indicar el flujo y la estabilidad para pavimentos tipo flexibles, así mismo plantear una propuesta de crecimiento respecto a su vida útil, ahorrando fuertes sumas de dinero, consideraron muestras de dos canteras (La viña y tres tomas), elaboraron 3 briquetas para cada tipo de tránsito desde uno liviano, medio y pesado al cuales le incorporaron 0.3% y 0.5% de PET a través del método Marshall, por lo cual determinaron que la adición de PET en el diseño de mezcla asfáltica influye satisfactoriamente para un flujo vehicular de tránsito medio. Respecto al ensayo Marshall se realizaron 50 golpes por cara entendiéndose que fue para un tránsito medio en el cual les dio un factor estabilidad de 10.25 KN y un flujo de 540kg y según especificaciones la estabilidad min es 5.34Kn y el flujo es 544, definieron que el PET se restringe a tránsito medio.

En síntesis, el autor indica que el PET debe ser usado para tránsito medio con un porcentaje de 0.5 sustituyendo al agregado fino.

De igual modo, Silvestre (2017), en Perú - Lima en su trabajo de tesis “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017”, indico obtener el porcentaje que mejorará las características estructurales y físicas de la mezcla asfáltica alterada con plástico frente a la mezcla estándar de igual modo realizo una comparación económica entre la mezcla estándar y la alterada, utilizo el método Marshall para el cual realizo 3 ensayos elaborando un total de 45 briquetas con diferentes porcentajes de 0.5 , 1 y 1.5%, posteriormente definió que el porcentaje que mejoro las propiedades estructurales y físicas fue de 1%.

El plástico fue triturado pasando por la malla nº 16 para que obtenga un mejor comportamiento sobre el porcentaje de vacíos en el cual arrojó 2.5% menos que la mezcla estándar, que a su vez mejoro la estabilidad. Comprobaron que hubo un ahorro de 2.63% en la producción de la mezcla asfáltica en el cual aumento las características mecánicas y físicas convirtiéndola en una mezcla viable.

En síntesis, el autor indica que el porcentaje óptimo de PET es de 1.00% para un tránsito pesado, sustituyendo en dicho porcentaje al agregado fino.

Por otro lado, en el ámbito local Zubeida, (2017) en Perú – Nuevo Chimbote en su investigación “Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico”, planteo definir el comportamiento en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico incorporando PET y PEAD sustituyendo 1, 3 y 5% en el agregado fino, se usó normas y teorías aprobadas del pavimento flexible-mezcla en caliente, tal como el método Marshall en el cual determinaron una población y muestra de 84 briquetas. Se finalizó que adicionando un porcentaje de 3 % de desecho PET tiende a crecer en la resistencia a la deformación, pero respecto a la flexibilidad tiende a reducir mínimamente, encontrándose dentro de los parámetros para un pavimento flexible. Opuestamente con el desecho tipo PEAD que aplico la sustitución de 1.3 y 5% convierte al pavimento estándar en uno rígido saliendo de los parámetros considerados para pavimento flexible.

En síntesis, el autor indica que el porcentaje óptimo de PET reciclado es 3%, sustituyendo al agregado fino, este a su vez supera los parámetros estándar de la mezcla.

Así mismo, Saavedra e Ypanaque (2018) en Perú - Chimbote en su tesis “Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall – 2018” definió principalmente determinar cómo influirá en las propiedades mecánicas y físicas la incorporación de polipropileno para el cual realizo briquetas como muestras de evaluación, comparando las muestras estándar con las alteradas afirmo que el concreto asfáltico alterado con polipropileno redujo el flujo respecto al concreto asfáltico estándar, por lo cual aparte de mejorar las características clásicas a la mezcla también mejora

la rigidez haciéndola recomendable frente a las deformaciones permanentes de los pavimentos flexibles, se definió también que en el concreto asfáltico estándar la estabilidad fue 789.00 Kg mientras que en la alterada con polipropileno fue de 1292.71 Kg siendo una diferencia de 61.03%. Indicaron que la adición de polipropileno al concreto asfáltico estándar mejora notablemente las características físicas y mecánicas, disminuyendo las comunes fallas en los pavimentos flexibles provenientes del clima o del tráfico vehicular de cargas pesadas.

En síntesis, los autores definen que el porcentaje óptimo de polipropileno es del 5%, el cual sustituye al agregado fino, mejorando notablemente los parámetros estándar para tránsito pesado.

Ahora, es necesario tener ciertos conocimientos teóricos para desarrollar el objetivo de este trabajo. Por lo cual, necesitamos conocer que una mezcla asfáltica, es la unión de asfalto y elementos minerales aplicados en caliente, según sus características es un material muy usual para construir carreteras, posteriormente forma parte de la carpeta de rodadura, el cual, tiene la función de ser duradera, viable y cómoda, favoreciendo la circulación de vehículos, (Kenneth y Yaw 2016, p.2).

Para comenzar con el proceso de diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall, se debe sugerir una proporción de agregados que se encuentra detallada en la Norma ASTM D 3515, esta norma, fija los valores límites en que deben estar comprendidas las curvas límites granulométricas de los agregados para la mezcla asfáltica. El método original de Marshall únicamente es aplicable a mezclas asfálticas en caliente, para pavimentaciones que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor, mientras que, el método modificado se desarrolló para tamaños máximo arriba de 38 mm (1.5"). Estos parámetros se aplican, para diseño en laboratorio y control de campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa. (Manual de Carreteras EG 2013, p.561).

Debido a que la prueba de estabilidad (ensayo Marshall) es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el

comportamiento en campo se pierde, cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar, por lo cual, la preparación de una buena mezcla asfáltica debe ser controlada, tanto en su granulometría como en la proporción de asfalto a emplearse, por lo que es imprescindible que el material pétreo tenga una buena resistencia, así mismo deben tener ciertas propiedades mecánicas como requisitos; de las múltiples propiedades que puede presentar el asfalto, las de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de los pavimentos son: la Durabilidad, según Cervera (2016, p.23) indica, que es la cualidad, que le permite al asfalto mantener sus características desde un principio, hasta luego de ser sometidos a procesos cotidianos de degeneración, esta propiedad está afectada por variables distintas, como pueden ser desde el diseño de la mezcla, la calidad de los materiales, características del agregado utilizado, mano de obra y otras variables que afectan directamente la durabilidad del asfalto.

Otra de sus propiedades relevantes es la Estabilidad, según Flores (2018, p.17) la define, como la disposición para hacer frente a la distorsión y desplazamientos causados por cargas fijas o en movimiento, por lo cual, se deduce que un pavimento firme no se distorsiona al estar bajo cargas persistentes, mientras que un pavimento inestable, presenta fallas, tales como el ahuellamiento y deformaciones transversales, según Leiva [et al] (2017, p. 1) en su artículo Permanent deformation model for pavement condition assessment, define, que es una falla funcional debido a las repeticiones de cargas; para evitar estas fallas en términos comunes entre más angular sea la forma de las partículas del agregado y más rugosa sea su textura superficial, más alta será la estabilidad de la mezcla.

Una buena mezcla asfáltica también debe contar con una buena cohesión y adhesión, siendo este último, la cualidad que el asfalto presenta para incorporar un solo elemento junto con el agregado en la mezcla, mientras que la cohesión es la capacidad de mantener las partículas de agregados de forma fija e inamovibles, en la fase terminada del asfalto (Navarro, 2017, p.25).

Adicionalmente, una mezcla asfáltica debe presentar susceptibilidad a la temperatura, siendo esta propiedad, la capacidad de los asfaltos de cambiar su

consistencia debido al aumento o disminución de la temperatura, siendo menos viscoso cuando baja su temperatura o más viscoso cuando su temperatura aumenta, convirtiéndolo así en un elemento termoplástico. Según Céspedes, (2010, p.8) el asfalto debe tener una idónea fluidez cuando se encuentre a temperaturas altas de modo que este cubra toda partícula en el proceso de la mezcla con los agregados y para que, posteriormente puedan desplazarse durante la compactación, sucesivamente reducir su viscosidad, para lograr una cohesión adecuada con los agregados.

Otra de las propiedades del asfalto, es la Resistencia a la fatiga. Por lo que, Mejía y Sierra (2017, p.18), así como Zúñiga (2015, p.20) indicaron que es la oposición a la flexión debido al tránsito, como elementos principales tiene a la viscosidad y los vacíos quienes juegan un rol importante en la resistencia a la fatiga, ya que mientras tenga más vacíos la resistencia disminuye y cuando tiene una elevada viscosidad tiende a deformarse, adicionalmente Pinedo (2016, p.20), resalto que esta propiedad se debe a la visco-plasticidad estando asociado a la fluencia de la mezcla. De igual modo Wan y Abul (2013, p. 2) en su artículo Green Pavement using recycled polyethylene terephthalate (PET) as partial fine aggregate replacement in modified asphalt indicaron, que esta situación ocurre debido a una mezcla de asfalto sin suficiente resistencia al cizallamiento, acarreando un defecto en el asfalto conocido como ahuellamiento, así mismo Massenlli y Paiva (2019, p. 3) en su artículo, The influence of surface deflection on flexible pavements with low resistance subgrade expresaron, que esto se debe en gran parte a la calidad de los materiales, así como su posterior combinación.

Por lo cual, el asfalto cumple con dos funciones que son indispensables en todo pavimento: la primera, es ser un impermeabilizante que tiene como función principal hacer que la filtración o penetración de agua a los demás elementos del pavimento sea nula o la mínima posible, y la segunda, la unión y cohesión, quienes principalmente, son los encargados de permitir que el pavimento presente una flexibilidad capaz de soportar cargas sin agrietarse, ni deformarse.

Por otro lado, el Polietileno de Tereftalato, según Duran (2013, p.12) es uno de los principales poliésteres reciclados en la actualidad, así mismo Pérez (2013,

párr.3) resalto que es uno de los más usados en la industria, para el envase de los principales elementos de consumo, como bebidas gaseosas, agua, condimentos, entre otros.

Así mismo Camacho, Gómez y López (2019, p.27) indicaron que el PET es parte del grupo de elementos sintéticos denominados poliésteres, es un polímero termoplástico lineal, producto de una reacción de policondensación del ácido tereftálico y el etilenglicol, un kilo de PET se compone de un 64% de petróleo, 23% de derivados de gas natural y 13% de aire, por lo que presenta un alto grado de cristalinidad, lo cual lo convierte en un elemento resistente a la biodegradación. Las características físicas del PET son la razón por la que este material ha logrado un desarrollo sobresaliente ante el resto de los materiales en los distintos ámbitos de uso, debido a que presenta propiedades, como la claridad, dureza, resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión, resistencia química, resistencia térmica, resistencia a la humedad, buen coeficiente de deslizamiento presenta una buena estabilidad a la intemperie y es impermeable (García, 2017, pp.26-27). De igual modo, Colomo (2013, p. 3) indica que el PET es un polímero de extrema dureza, estable, lineal, con alto grado de cristalinidad y con conducta termoplástica, por lo que es apto para ser alterado mediante procesos de extrusión, inyección y termoformado.

Las propiedades mencionadas anteriormente nos llevan a conocer las ventajas y desventajas del PET. Por lo que, Zavala (2015, pp. 14-15) indico que las principales ventajas del uso de polietileno de tereftalato en el asfalto, se ven reflejadas tanto en las propiedades mecánicas como también se ven reflejadas en el aspecto económico ya que al ser un material de abundante presencia se puede reutilizar disminuyendo así el costo de obtención, también este proporciona una mejora en el periodo de servicio del asfalto, reduciendo así los trabajos de mantenimiento; A continuación se conocerán las principales desventajas del PET. Según Canta y Vivas (2018, p.40) indican que una desventaja seria la gran cantidad de material reciclado que se necesitaría para elaborar proyectos de gran envergadura, otra desventaja seria que al reutilizar no todos los elementos sean compatibles.

Hay momentos donde las mezclas asfálticas no son capaces de soportar la carga de los vehículos, el efecto abrasivo de las llantas, entre otros inconvenientes, esto nos lleva a conocer los asfaltos modificados, según Aimacaña (2017, p. 28) indica que, hay oportunidades en las que las mezclas asfálticas realizadas con cementos asfálticos convencionales son incapaces de tolerar el efecto que ocasiona el clima y el tránsito de manera conjunta, por lo que es necesario buscar ligantes modificados que aumenten el grado de adherencia, resistencia al envejecimiento y presenten menor susceptibilidad térmica. Para poder llegar a potenciar dichas propiedades, sin generar efectos secundarios negativos, se están usando los cementos asfálticos modificados. Por lo que, Sulyman, Haponiuk y Formela (2016, p.5) en su artículo Utilization of recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Engineering Materials a review expreso, que al usar modificadores de asfalto podemos lograr mejorar algunas de las propiedades de la mezcla asfáltica, estas mejoras pueden ser mezclas asfálticas con una mejor resistencia a la fatiga, rejuvenecimiento del cemento asfáltico, mejor manipulación de la mezcla durante el proceso de colocación y compactación, menores espesores de la estructura de pavimento y mejor resistencia a la abrasión. Resumiendo lo indicado por el autor anterior Vila y Jaramillo (2018, p. 1) afirmaron, que los asfaltos modificados se utilizan cuando las necesidades de determinadas propiedades están por encima de aspectos económicos.

Los agentes modificadores de asfalto tipo Polímeros se clasifican en Elastómeros, que son los polímeros que tienen como característica más resaltante la elasticidad de los mismos, como el SBR, Látex, Hule natural, y los Plastómeros, que son aquellos que se deforman elásticamente y ofrecen resistencia rígida como el propileno, PVC, EVA, PET. Lo cual nos lleva a conocer los asfaltos modificados con Polietileno, este agente modificador es utilizado por su bajo costo y porque nos da la opción de reutilizar este material en los pavimentos, el cual nos brinda una solución a uno de los más grandes problemas ecológicos de la actualidad, al añadir estos polietilenos en bajas proporciones al asfalto les brinda a estas, nuevas propiedades y/o mejoras, tales como, buena resistencia a elevadas temperaturas, mejor resistencia al

envejecimiento, mejor flexibilidad y excelente resistencia a las deformaciones permanentes.

Para realizar estos tipos de asfaltos según Earnest (2015, p.18) se utilizan dos procesos el cual puede darse mediante procesos húmedos y procesos secos, empezaremos por el proceso de la vía seca, que principalmente se basa en adicionar el agente modificador para mezclarlo con los agregados, este proceso se realiza cuando se desea agregar como si fuese un agregado más a la mezcla, por lo que en este proceso no se requiere de alguna herramienta especial, solo tener un modo de mezclar proporciones adecuadas en el tiempo adecuado, y por otro lado existe el proceso por la vía húmeda, este proceso consta de agregar el plástico con el cemento asfáltico, de modo que obtengamos una mezcla modificada asfalto-plástico, siendo esta nueva mezcla usado de igual modo que un ligante modificado. Un asfalto ligante modificado depende de muchos factores como el tamaño, tipo, textura y proporción del plástico, tipo de asfalto, temperatura y tiempo de mezclado. Los métodos más usados para el proceso por vía húmeda son el mezclado por bachadas o McDonald, continuo y mezclado terminal.

Teniendo estos conocimientos procedemos a identificar los ensayos que serán aplicados para este proyecto, los ensayos son pruebas que se realizan a la mezcla asfáltica cuyos componentes son seleccionados y evaluados independientemente para luego ser ensayados como un todo, los ensayos que se le realiza a los agregados tienen como objetivo principal verificar que estos cumplan con los parámetros de resistencia y durabilidad, dichos ensayos están establecidos dentro de la normativa técnica peruana, el MTC, ASTM y el AASHTO. Los ensayos que se realizan para agregados finos son: Ensayo de Equivalente de Arena según el MTC E114, también Índice de plasticidad (malla nº 40 y malla nº 200) según MTC E111, Gravedad específica y Absorción MTC E205 (ASTM C-127), Análisis Granulométrico MTC E204 (ASTM C136-06), Contenido de Humedad MTC E215, Peso unitario Suelto y Compactado MTC E203. Así mismo los ensayos para agregados gruesos son: Durabilidad al sulfato de Magnesio según MTC E209, Abrasión los ángeles según MTC E207, Partículas chatas y alargadas según ASTM 4791, Caras fracturadas MTC E210,

Peso específico y Absorción según MTC E205 (ASTM C-127), Análisis Granulométrico MTC E204 (ASTM C 136-06), Contenido de Humedad E215, Peso unitario Suelto y Compactado MTC E203, los parámetros de los ensayos se encuentran en el (MTC EG, 2013, p. 560). Una vez terminado los ensayos respectivos a los agregados, se realiza ensayos al asfalto, según el (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 583) y (Bojorque, Flores y Vásquez, 2019, p. 5) indicaron que, a las mezclas asfálticas en caliente se les practica el ensayo Marshall, al cual se le realiza la combinación de los agregados y asfalto.

Sucesivamente gracias al ingeniero Bruce Marshall, quien creo el método Marshall, con el fin de realizar diseños de mezclas asfálticas, así como determinar la relación estabilidad – flujo y el porcentaje de vacíos. (Coicue y Sepulveda, 2017, p.50).

Según el MTC (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 583), indica que el método Marshall tiene como fin determinar la deformación plástica a través de la compresión, el cual se dará con el martillo Marshall, usando probetas normadas de 64mm de altura y de 103 mm de diámetro.

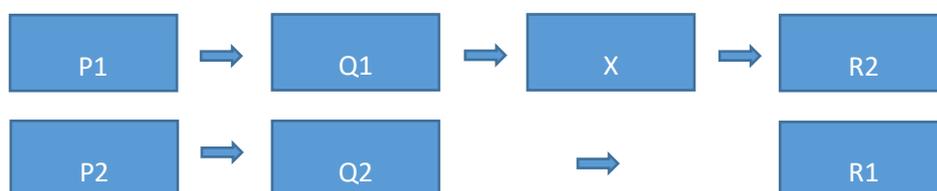
Iniciando con el diseño de mezcla asfáltica, según Luque (2019, p.45) indico que el tipo de mezcla asfáltica varía según la granulometría de los agregados, de igual modo el MTC EG-2013 (2013, p.561), en la sección 423 menciona 3 categorías, tales como, MAC-1, MAC-2 y MAC-3, así mismo brinda tolerancias según la categoría identificada como líneas de control, continuamente para determinar el porcentaje óptimo de cemento asfalto se rige conforme al porcentaje vacíos que debe estar ubicado entre 3 % y 5 %, para el trabajo de investigación se seleccionó la categoría MAC-1 que es aplicada para tránsito pesado, en el cual se realiza la compactación con 75 golpes por cara de la briqueta, la estabilidad min es de 8.15 Kn, el flujo ira de la mano con (0.25mm)(0.01”), el porcentaje de vacíos se encuentra entre el 3% y 5%, mientras que el porcentaje de vacíos llenos de asfalto debe estar entre el 65% y 75%, paralelamente el porcentaje de vacíos del agregado mineral dependerá porcentaje de vacíos de aire el máximo tamaño de partícula nominal según lo detalla la norma del (MTC E 504).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, con un enfoque cuantitativo, según Sampieri (2014, p.37) indica que la investigación aplicada o práctica, busca la utilización de conocimientos obtenidos mientras se adquieren otros consecuentemente, los saberes obtenidos se desarrollaron en la praxis de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente, con el fin de resolver problemas reales o cotidianos.

Es un diseño experimental en su categoría de cuasi-experimental ya que se aplica el criterio de causa - efecto en el cual, la causa viene a ser la variable independiente la cual será manipulada, mientras que la variable dependiente será el efecto. (Mousalli, 2015, p.34).



Dónde:

P1: muestra que se emplea para la investigación

P2: muestra Control

Q1, Q2: pre prueba

X: variable independiente (polietileno de tereftalato)

R2, R1: variable dependiente (propiedades mecánicas del asfalto en caliente)

### 3.2. Variables y operacionalización

#### ❖ **Variable independiente:** Polietileno de Tereftalato

El PET es un elemento muy estable, así mismo es inmune al ataque de microorganismos, no es biodegradable, no genera reacción alguna con diferentes sustancias, es ligero, reciclable en su totalidad, lo cual lo hace apto para ser usado en el rubro de construcción civil. (Arteaga, 2018)

Por lo cual, la definición operacional según Hernández, Ramos y otros autores (2018, pp.103-105), indicó, que es la fase en la cual se detalla cómo se evaluarán las variables formuladas en la Hipótesis, en muchas de las ocasiones se descompone en indicadores, dimensiones, definiciones y escalas de medición.

Para esta variable, la definición operacional se dimensiono en base a las características de las partículas y su dosificación, teniendo indicadores, tales como su % de impurezas, peso específico, granulometría y dosificación en 0%, 0.75%, 1% y 1.25% encontrándose en una escala, tipo razón.

#### ❖ **Variable dependiente:** Propiedades mecánicas del asfalto en caliente

Es el grupo de funciones y reacciones que tiene un asfalto en caliente al entrar en contacto con fuerzas externas (Benavides, 2014, p.30).

Se aplicó el método de diseño Marshall a las briquetas que contienen adición de 0.75%, 1% y 1.25% de PET, así mismo, a las briquetas de mezcla patrón, de este modo se definió la variación de las propiedades mecánicas a través de gráficos obtenidos con los resultados del ensayo.

Por consiguiente, en la definición operacional de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente, se aplicó protocolos normados según el Manual de Ensayo de Materiales (2016, pp.295 - 498), los cuales están dimensionados en características volumétricas y propiedades mecánicas, teniendo como indicadores: gravedad específica, huecos en árido, huecos en la mezcla, durabilidad, estabilidad, resistencia a la fatiga, adhesión – cohesión y susceptibilidad a la temperatura, encontrándose en una escala, tipo razón.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

Debido que la población y la muestra están simultáneamente relacionadas serán las mismas siendo 48 briquetas en total, así mismo por cada contenido de asfalto se elaboran 3 briquetas como mínimo según el (MEM E-504, 2016, p.590), considerando el uso de 4 contenidos de asfalto por cada diseño de mezcla, se consideró las siguientes muestras:

- 12 briquetas para la muestra patrón.
- 12 briquetas para la muestra con adición de 0.75% de polietileno de tereftalato.
- 12 briquetas para la muestra con adición de 1 % de polietileno de tereftalato.
- 12 briquetas para la muestra con adición de 1.25 % de polietileno de tereftalato.

**Población:** N= 48 briquetas

En el proyecto de investigación la población que se consideró fue de 48 briquetas asfálticas.

**Muestra:** N=48 briquetas

En la muestra se contó con 12 briquetas para diseño patrón, 12 briquetas con adición de 0.75% de polietileno de tereftalato, 12 briquetas con adición de 1 % de polietileno de tereftalato, 12 briquetas con adición de 1.25 % de polietileno de tereftalato.

#### **Unidad de análisis**

El análisis se efectuó a cada briqueta, para determinar las propiedades mecánicas del asfalto en caliente, así mismo, estuvo expuesto a una prueba de compresión (ensayo Marshall), las briquetas han estado bajo los parámetros de la norma ASTM D – 1559 Y AASHTO T-245, las cuales indicaran si cumple o no cumple con los valores estándar de calidad, es decir, que para incluir una briqueta se necesita:

1. la estabilidad mínima de 8.15 Kn, 2. el flujo 0.01" (0.25 mm) que tiene un rango de 8-14 mm, 3. porcentaje de vacíos en rango de 3-5 % y 4. La relación estabilidad/flujo que tiene como rango de 1.700-4000, caso contrario se procederá a excluir la briqueta.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de datos es la forma más generalizada que hay, la cual agrupa todos los medios que se usaran para la recopilación de información, de igual modo para reconocer y registrar los datos obtenidos en campo, se usan técnicas de recolección de datos, tales como, la entrevista, la encuesta, la observación, diccionario de datos y diagrama de flujo. (Gil, 2016, p.9)

Se aplicó la técnica de la observación en los ensayos, los cuales serán elaborados en un laboratorio de mecánica de suelos, así mismo se verificará que cada material cumpla con los parámetros estipulados por el Manual de Ensayo de Materiales (2016, pp.295 - 498).

Los instrumentos usados fueron representados como protocolos con el fin de cumplir los procedimientos del Ministerio de transporte y comunicación EG-2013 del cual se verificaron las condiciones y las dimensiones de las muestras para la elaboración de briquetas, además estos protocolos se complementan con el Manual de Ensayo de Materiales (2016, pp.295-498), el cual nos brinda los estándares de calidad para cada protocolo.

#### **Protocolos:**

- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos MTC E 204 (ASTM C136-06)
- Contenido de humedad total de los agregados por secado MTC E 215 (ASTM D-2216).
- Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C-127).
- Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C-127).

- Durabilidad al sulfato de magnesio MTC E 209
- Abrasión los Ángeles MTC E 207
- Partículas chatas y Alargadas ASTM 4791
- Caras fracturadas MTC E 210
- Índice de plasticidad MTC E111
- Equivalente de arena MTC E 114
- Ensayo químico
- Ensayo Marshall MTC E504 - AASHTO T-245 (ASTM D-1559).

❖ **Validez y confiabilidad**

Estos protocolos no necesitan ser validados, puesto que son formatos estandarizados según la normativa del Manual de Ensayo de Materiales (2016, pp.295 - 498).

### **3.5. Procedimiento**

Para la elaboración de la investigación se llevó a cabo 3 fases, las cuales serán explicadas brevemente a continuación:

Fase 1: Recopilación de información y antecedentes:

Esta fase se realizó posterior a la elección de la problemática del trabajo de investigación, trata básicamente de la recopilación de información nacional, internacional y local, visitar sitios web, visitar bibliotecas físicas y virtuales. Luego de obtener la información necesaria se procede con la siguiente fase.

Fase 2: Adquisición y traslado de material:

Esta fase se centró en la obtención de los materiales necesarios para continuar con el proyecto. Estos son el asfalto pen 60/70 que es el más usado en la elaboración de pavimentos flexibles, los agregados tales como la arena gruesa que fue traída de la cantera Chero - La carbonera, la piedra chancada que fue obtenida de la cantera Pancho Medina - Huambacho y el PET que fue

obtenido mediante reciclaje, luego de haber sido recolectados los materiales fueron trasladados al laboratorio GEOLAB para su posterior análisis.

### Fase 3: Ensayos de Laboratorios y Recepción e interpretación de datos:

Seguidamente de haber cumplido con las 2 fases previas se procedió a realizar los ensayos necesarios previstos por el Manual de diseño de carreteras del MTC, para lo cual se inició con el ensayo de Análisis Granulométrico, según el MTC E204, indica que es la separación de partículas con respecto a su tamaño nominal, el cual se determina por medio de tamices normados, siendo considerado agregado grueso desde la malla n° 4 hacia arriba y agregado fino desde la malla n°8 hasta la 200, adicionalmente existen 3 diseños identificados como MAC-1, 2 Y 3, los cuales se definen dependiendo del porcentaje que pase por cada una de las mallas.

Sucesivamente se realizó el Contenido de Humedad, según el MTC E215, tiene como fin someter a los agregados en un proceso de secado para comparar su masa antes y después de estar saturada, posteriormente se define su contenido de humedad.

Continuamente se aplicó el ensayo de índice de plasticidad (malla n° 40 y 200) según el (MTC) E 111, en el cual para la malla n° 40  $\leq 3000$  m.s.n.m y  $> 3000$  m.s.n.m no debe presentar índice de plasticidad, mientras que en la malla n° 200  $\leq 3000$  m.s.n.m puede presentar 4 und. como máx. y  $> 3000$  m.s.n.m no debe presentar.

Posteriormente se ejecutó el ensayo de Peso específico y absorción de agregados, por lo que, el MTC E 205 (2016), indica que, tiene como fin determinar el peso específico seco y saturado del agregado para el agregado grueso, luego de estar sumergido por 24 horas pasa a estar en el horno por 24 horas, luego se extrae la muestra para luego pesarlas, sucesivamente se realiza el peso sumergido y regresa nuevamente al horno por 24 horas para definir el peso de la muestra seca, así mismo para el agregado fino luego de estar sumergida por 24 horas, se toma una muestra, el cual se introduce en el picnómetro llenando 500 cm<sup>3</sup> de agua, luego se elimina el aire atrapado,

posteriormente se pesa el picnómetro con los elementos, consecuentemente se extrae la muestra para llevarse al horno por 24 horas y así definir su peso

Luego se procedió con el ensayo de Durabilidad al sulfato de magnesio, según el MTC E 209, tiene como fin determinar la oposición de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de magnesio.

Posteriormente se aplicó el ensayo, Abrasión los ángeles para el MTC E 207 consiste en el desgaste de los agregados, el cual tiene la finalidad de determinar la resistencia a la degradación, a través de la Máquina de Los Ángeles. Este determinara la pérdida de masa en un tambor giratorio con esferas de acero, cuya cantidad depende de la gradación de la muestra.

Continuamente se desarrolló el ensayo de Partículas chatas y alargadas, como indica el ASTM 4791, tiene como fin determinar el porcentaje óptimo de partículas chatas y alargadas, el cual guarda relaciona con el rompimiento de las partículas del agregado, cabe resaltar que el exceso de estas crea una deficiente compactación de la mezcla, los parámetros están en 10 % máx. en el caso de,  $\leq 3000$  m.s.n.m y 10% máx. para  $>3000$  m.s.n.m.

Así mismo el ensayo de Caras fracturadas, según el MTC E 210, tiene como fin, determinar el porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso, cabe indicar que a mayor porcentaje de caras fracturas, mayor será la adherencia, ya que, al fracturarse las caras, presentará rugosidad.

Luego se efectuó el ensayo de equivalente de arena, según el (MTC) E 114, tiene como fin determinar un porcentaje máximo permisible de finos arcillosos y polvo en los agregados. este ensayo se realiza a los materiales que han pasado el tamiz N° 4 teniendo como parámetros  $\leq 3000$  m.s.n.m 60 y para  $>3000$  m.s.n.m. 70.

Por último, se realiza el ensayo de METODO MARSHALL (ASTM D- 1559 Y AASHTO T-245), este ensayo tiene como fin determinar el flujo, la estabilidad, vacíos de aire, vacíos en los agregados minerales, así como la relación asfalto- vacíos, estos resultados, responderán a los objetivos planteados, este método se realiza desde el diseño de mezcla patrón hasta el diseño de mezclas con PET.

Una vez culminado los ensayos, se realiza la comparación de los mismos, para determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas con respecto a la muestra patrón y la muestra con PET, por lo cual usaremos herramientas digitales como el programa EXCEL siguiendo los diseños MAC propuestos por el MTC EG-2013, asimismo, se comprobó la hipótesis utilizando el método de análisis de varianza ANOVA dando como resultado la afirmación de la hipótesis propuesta.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los datos adquiridos han sido procesados por protocolos, instrumentos confiables que recogen información sin alterar, consecuentemente, se usaron los datos obtenidos de los ensayos en el programa Excel haciendo uso de cuadros, tablas, gráficos, entre otros, comparando el diseño patrón con el diseño modificado, según parámetros del MTC EG-2013, así mismo un análisis de varianza, para, posteriormente comprobar la hipótesis planteada.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Se desarrolló los resultados de forma honesta sin alteración alguna tanto los resultados tomados en el laboratorio como los detallados en el presente documento, así mismo el procedimiento fue desarrollado según protocolos, con el fin de tener resultados claros, al recopilar información se dio los créditos correspondientes a los autores, a fines de respetar sus investigaciones. Así mismo se deja la investigación como guía a las personas interesadas en aplicar el PET a la mezcla asfáltica, reduciendo el impacto ambiental y a la par mejorando sus propiedades mecánicas.

#### IV. RESULTADOS

**Resultados del primer objetivo:** Determinar las propiedades físicas del Polietileno de tereftalato (PET)

Para determinar este objetivo se tomó datos de García (2017, p.26) en su tesis Ingeniería básica de una planta de producción de Polietileno de Tereftalato, en Sevilla, complementando a la autora se tomó dos fichas técnicas, la primera, fue de la empresa VALENCIANA DE ALUMINIOS, COBRES Y PLÁSTICOS, S.A. 2016 en Valencia –España y la segunda, de la empresa LORK INDUSTRIAS, S.L. 2013 en Barcelona – España, estos datos presentan similitud en los resultados.

*Tabla N°1: Propiedades físico-mecánicas del PET*

Propiedades	Unidad	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.34 - 1.39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 - 0.04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 <sup>-2</sup> /°C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica(60Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24h)	%	0.02
Velocidad de combustión	Mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Trasparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 – 255

*Fuente: García, 2017; VALENCIANA DE ALUMINIOS, COBRES Y PLÁSTICOS, S.A, 2016; LORK INDUSTRIAS, 2013.*

**Descripción:** En la tabla N° 1, se visualiza las propiedades mecánicas y físicas del PET, tales como, densidad con 1.34-1.39 g/cm<sup>3</sup>, resistencia a la compresión con 76-128 MPa, resistencia al calor 80-120 °C, absorción de agua(24h) de 0.02 %, Calidad óptica de transparente a opaco y temperatura de fusión de 244 – 255 °C.

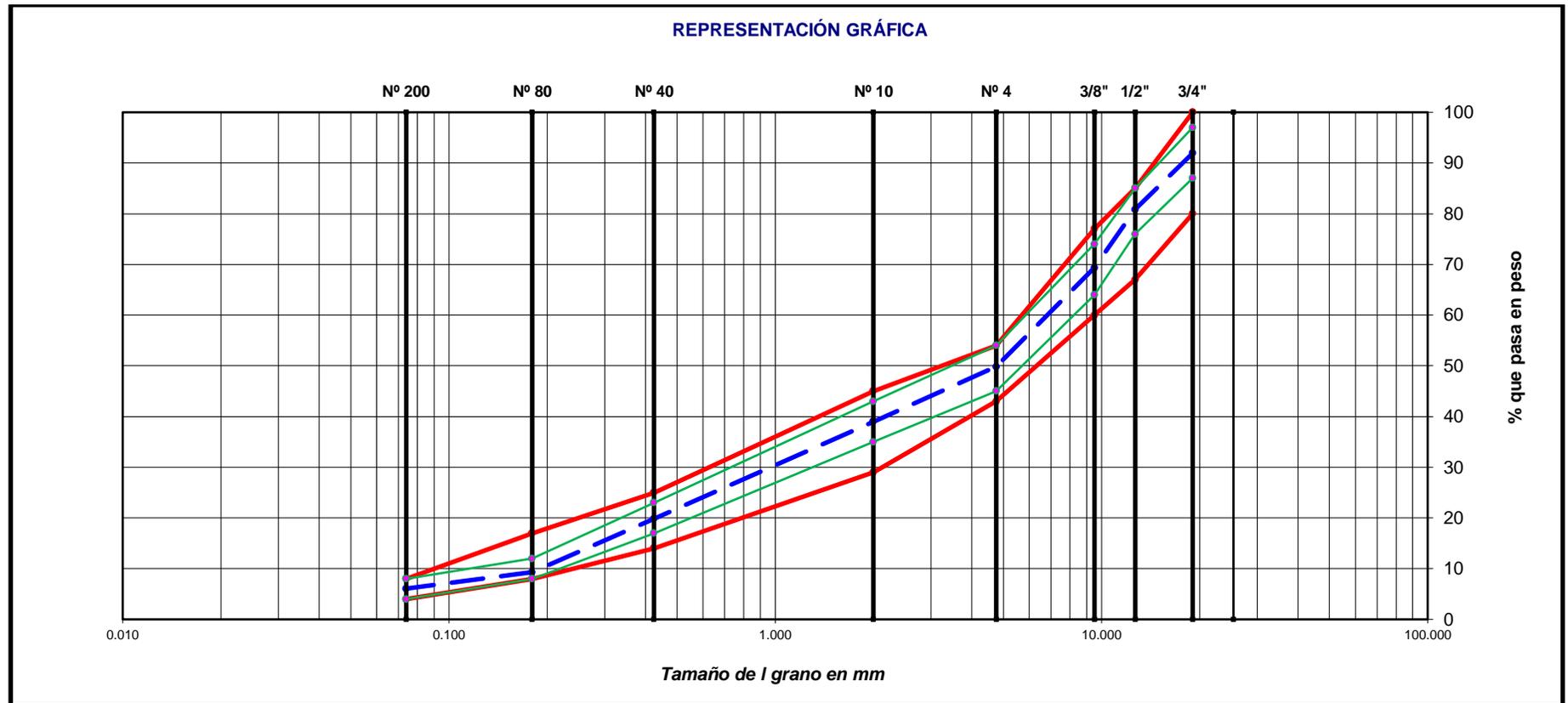
**Resultados del segundo objetivo específico:** Determinar la estabilidad, el flujo y las características volumétricas en la mezcla asfáltica estándar y modificada. Para determinar este objetivo primero se tuvo que hacer el diseño de mezcla asfáltica patrón, el cual se determina según su dosificación y tipo de MAC, para este caso se hizo un diseño de mezcla tipo MAC-1.

*Tabla N° 2: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica patrón MAC-1*

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											
Tamiz ASTM		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°10	N° 40	N° 80	N° 200	<N° 200
ABERTURA EN mm		2.540	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.425	0.180	0.074	
PESO RETENIDO	gr.	0	525.0	721.1	747.3	1267.4	201.6	357.1	195.0	60.4	112.9
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.1	11.1	11.5	19.5	10.8	19.2	10.5	3.2	6.1
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.1	19.2	30.7	50.2	61.0	80.2	90.7	93.9	100
PASA	%	100	91.9	80.8	69.3	49.8	39.0	19.8	9.3	6.1	-
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	-
TOLERANCIAS	%	5	5	5	5	5	4	3	3	2	
TRAMO ASFALTICO		-					-				

*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

Gráfico N° 1: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica patrón



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 1, se muestra los parámetros del diseño MAC-1, definido por el color rojo, continuamente se visualiza una línea verde, que representa la faja de trabajo o las tolerancias según la granulometría, así mismo se observa una línea azul discontinua la cual representa el porcentaje retenido acumulado de los agregados, este último debe encontrarse dentro de las líneas de control (faja de trabajo y especificaciones).

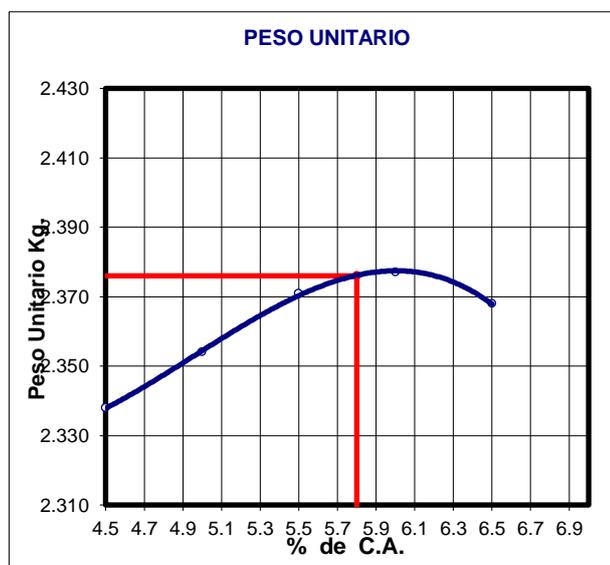
*Tabla N° 3: Dosificación para diseño Marshall*

Agregados	Porcentajes
Agregado grueso	47.00%
Agregado fino	51.00%
Filler	2.00%

*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

Continuamente, se realizó el ensayo Marshall en conformidad con las normas ASTM D-1559 y MTC EG-2013 SECCION 423 para mezclas asfálticas en caliente, para lo cual se utilizó las cantidades de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de cemento asfáltico PEN 60/70. A continuación se observa los resultados obtenidos por ensayo Marshall.

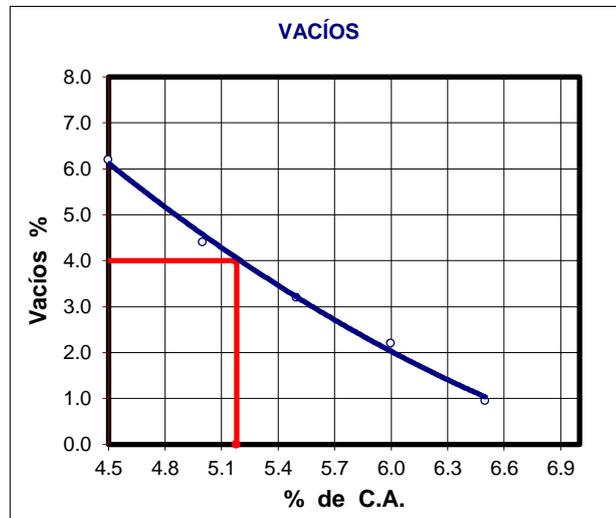
*Gráfico N° 2: Peso Unitario vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 2, se muestra que el Peso unitario se eleva a su punto máximo según el contenido de asfalto entre los intervalos de 5.5% y 6% haciendo que la mezcla eleve su Peso Unitario, sin embargo, pasando el 6%, decae el Peso unitario.

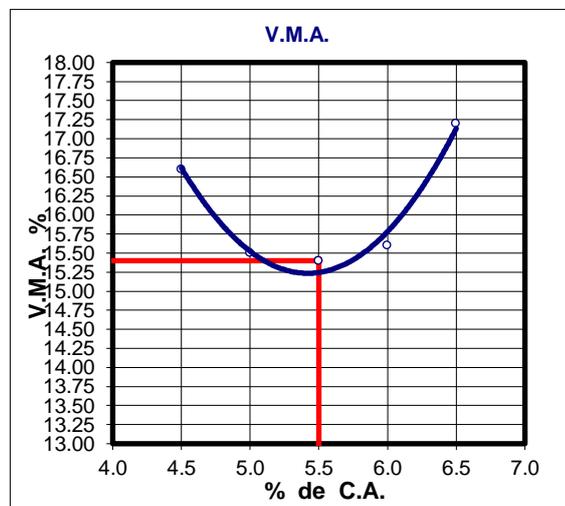
*Gráfico N° 3: Vacíos vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 3, se muestra que el porcentaje de vacíos disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 5.0% y 6.5% haciendo que la mezcla tenga menos vacíos de aire.

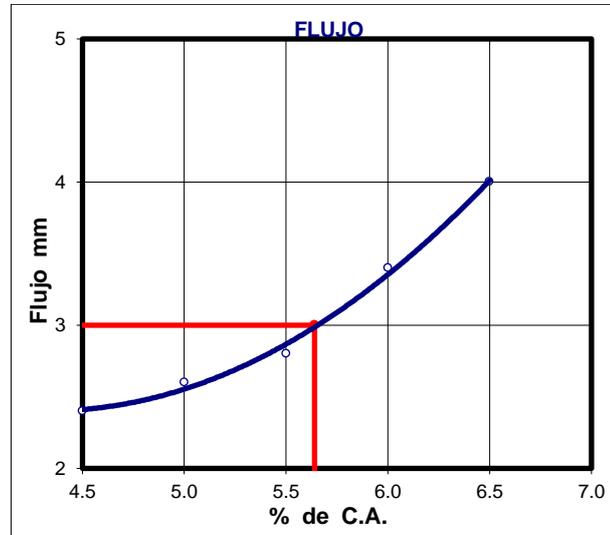
*Gráfico N° 4: Vacíos de Agregado mineral vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 4, se muestra que el porcentaje de vacíos de agregado mineral disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.50% y 5.5%, posteriormente sube conforme el cemento asfáltico aumenta.

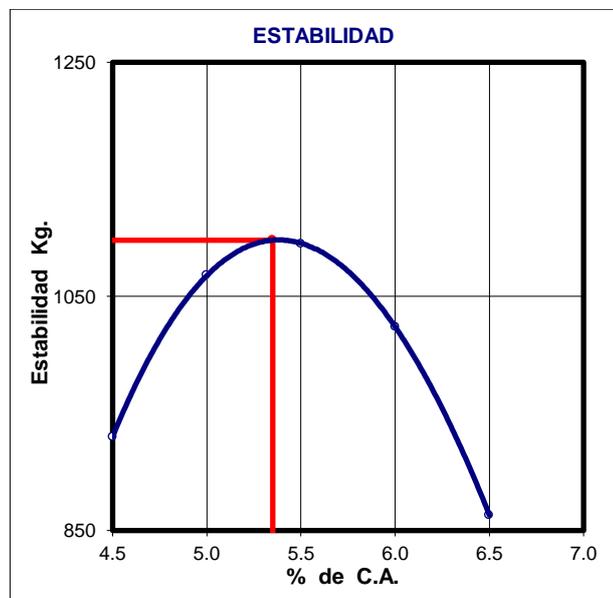
*Gráfico N° 5: Flujo vs Porcentaje de Porcentaje de C.A*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 5, se muestra que el porcentaje de flujo sube según el contenido de asfalto haciendo que la mezcla sea más fluida y plástica.

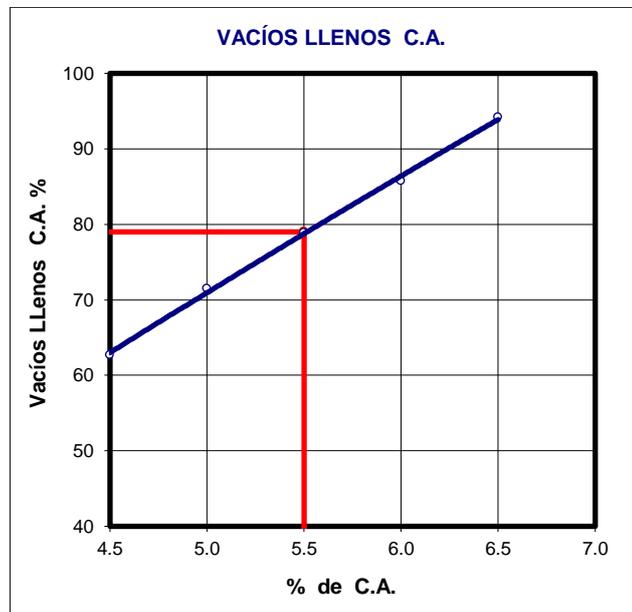
*Gráfico N° 6: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 6, se muestra que la estabilidad aumenta según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.5% posteriormente disminuye según la edición de asfalto perdiendo resistencia.

*Gráfico N° 7: Vacíos Llenos de C.A. vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 7, se muestra que el porcentaje de vacíos llenos con C.A. aumentan según se adicione más contenido de asfalto.

Posteriormente se hace la elección del Contenido de Asfalto óptimo para la muestra patrón

Tabla N° 4: Cuadro resumen patrón

C.A. en peso de la mezcla	Und.	5.00%	5.40%	5.50%	6.00%	6.50%	Parámetros
N° de golpes en cada cara de la briqueta	Und	75	75	75	75	75	75
Peso específico máx. de la probeta (RICE)	gr/cm3	2.354	2.372	2.371	2.377	2.368	-
Vacíos	%	4.4	4.0	3.2	2.2	1.0	3-5
V.M.A. vacíos del agregado mineral	%	16.5	15.5	16.3	16.6	17.0	Min 14
Vacíos llenados con C.A.	%	73.1	74.2	80.1	86.5	94.1	-
Flujo	Mm	2.6	2.9	2.8	3.4	4.0	2-4
Estabilidad corregida	Kg	1068	1022	1095	1024	863	Min. 815
Estabilidad-flujo	kg/cm	4111	3487	3916	2989	2175	1400-4000

Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

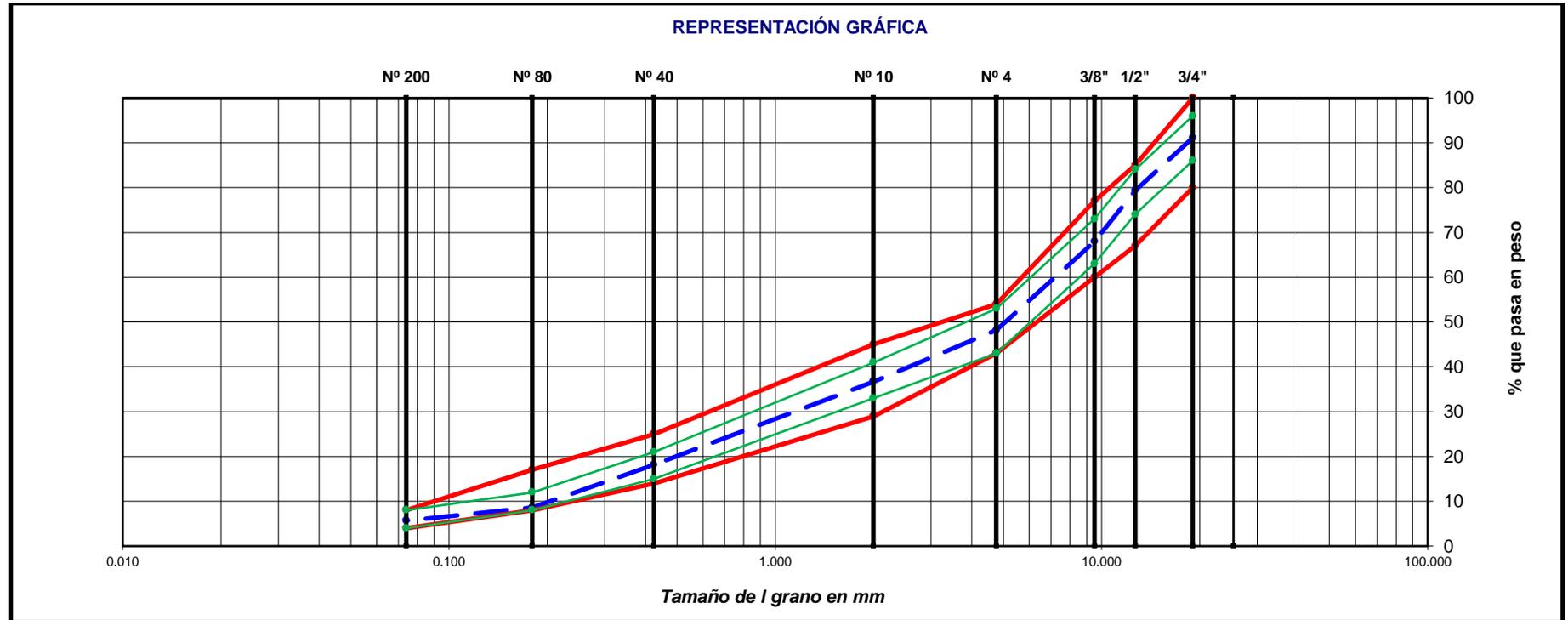
**Descripción:** En la tabla N° 4, se muestra el cuadro resumen de la muestra patrón siendo 5.40% el mejor contenido de asfalto.

Tabla N° 5: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 0.75% de PET MAC-1

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											
Tamiz ASTM		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°10	N° 40	N° 80	N° 200	<N° 200
ABERTURA EN mm		2.540	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.425	0.180	0.074	
PESO RETENIDO	gr.	0	578	765.3	738.6	1287.5	221.5	358.2	185.0	56.0	109.3
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.9	11.8	11.4	19.8	11.5	18.6	9.6	2.9	5.7
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.9	20.7	32.0	51.8	63.3	81.9	91.4	94.3	100
PASA	%	100	91.1	79.3	68.0	48.2	36.7	18.1	8.6	5.7	-
ESPECIFICACIÓN	%	<b>100</b>	<b>80-100</b>	<b>67-85</b>	<b>60-77</b>	<b>43-54</b>	<b>29-45</b>	<b>14-25</b>	<b>8-17</b>	<b>4-8</b>	-
TOLERANCIAS	%	5	5	5	5	5	4	3	3	2	
TRAMO ASFALTICO		-					-				

Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

Gráfico N° 8: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 0.75% de PET



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 8, se muestra los parámetros del diseño MAC-1, definido por el color rojo, continuamente se visualiza una línea verde, que representa la faja de trabajo o las tolerancias según la granulometría, así mismo se observa una línea azul discontinua la cual representa el porcentaje retenido acumulado de los agregados, este último debe encontrarse dentro de las líneas de control (faja de trabajo y especificaciones).

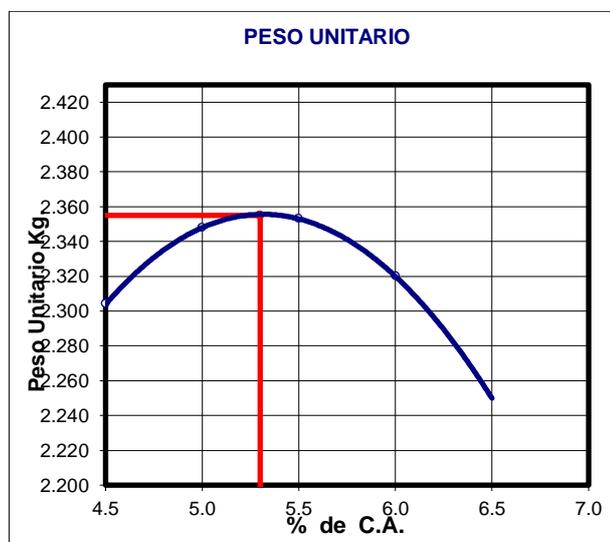
*Tabla N° 6: Dosificación para diseño Marshall*

Agregados	Porcentajes
Agregado grueso	47.00%
Agregado fino	51.00%
Filler	2.00%

*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

Continuamente, se realizó el ensayo Marshall en conformidad con las normas ASTM D-1559 y MTC EG-2013 SECCION 423 para mezclas asfálticas en caliente, para lo cual se utilizó las cantidades de 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0% de cemento asfáltico PEN 60/70. A continuación se observa los resultados obtenidos por ensayo Marshall.

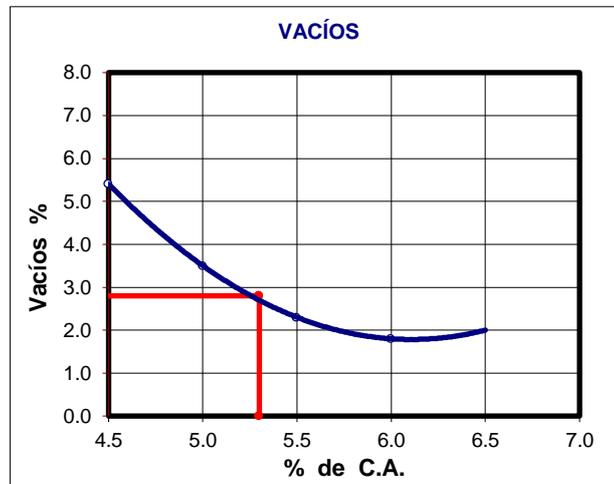
*Gráfico N° 9: Peso Unitario vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 9, se muestra que el Peso unitario se eleva a su punto máximo según el contenido de asfalto entre los intervalos de 5.0% y 5.5% haciendo que la mezcla eleve su Peso Unitario, sin embargo, pasando el 5.5%, decae el Peso unitario.

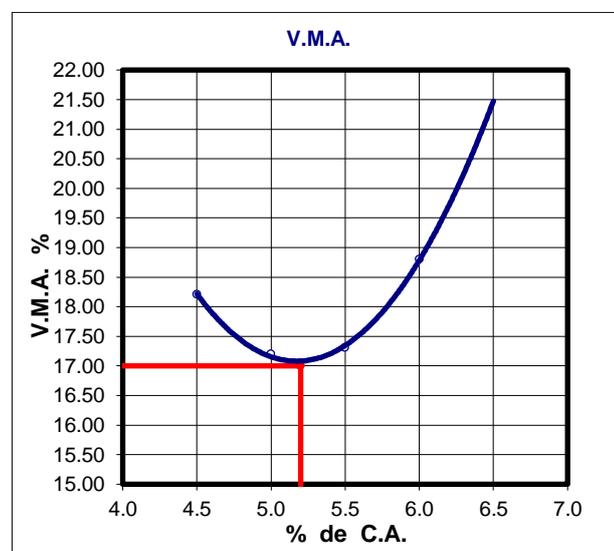
Gráfico N° 10: Vacíos vs Porcentaje de C.A.



*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 10, se muestra que el porcentaje de vacíos disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 6.0% haciendo que la mezcla tenga menos vacíos de aire.

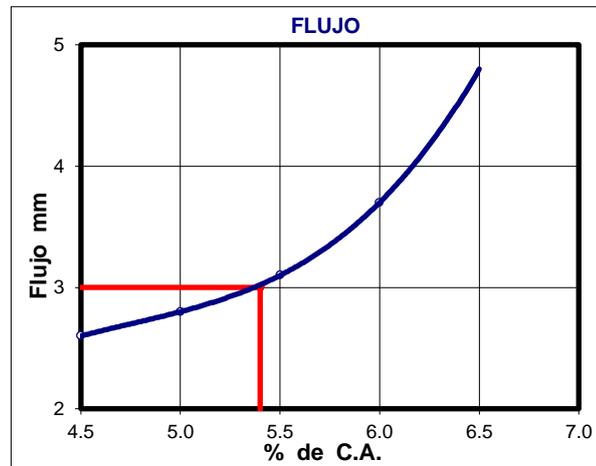
Gráfico N° 11: Vacíos de Agregado mineral vs Porcentaje de C.A.



*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 11, se muestra que el porcentaje de vacíos de agregado mineral disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.3%, posteriormente sube conforme el cemento asfáltico aumenta.

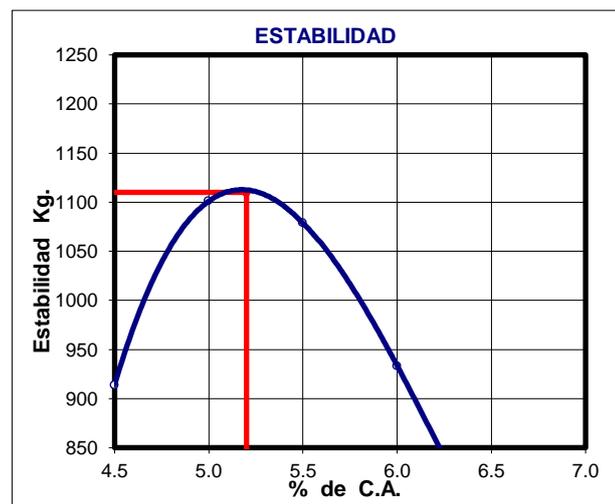
Gráfico N° 12: Flujo vs Porcentaje de Porcentaje de C.A



Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 12, se muestra que el porcentaje de flujo sube según el contenido de asfalto haciendo que la mezcla sea más fluida y plástica.

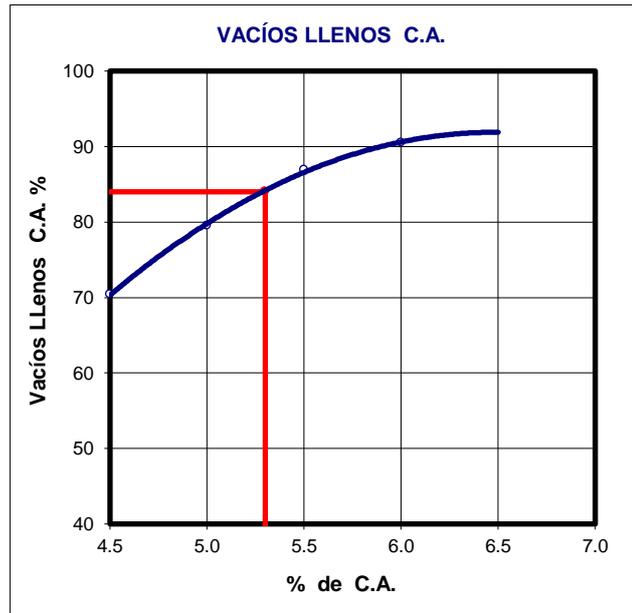
Gráfico N° 13: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.



Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 13, se muestra que la estabilidad aumenta según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.5% posteriormente disminuye según la edición de asfalto perdiendo resistencia.

Gráfico N° 14: Vacíos llenos de C.A. vs Porcentaje de C.A.



Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 14, se muestra que el porcentaje de vacíos llenos con C.A. aumentan según se adicione más contenido de asfalto.

Posteriormente se hace la elección del Contenido de Asfalto óptimo para la muestra con 0.75% de PET

Tabla N° 7: Cuadro resumen con 0.75% de PET

C.A. en peso de la mezcla	Und.	4.50%	5.0%	5.30%	5.5%	6.00%	Parámetros
Nº de golpes en cada cara de la briqueta	Und	75	75	75	75	75	75
Peso específico máx. de la probeta (RICE)	gr/cm3	2.304	2.341	2.353	2.353	2.320	-
Vacíos	%	5.4	3.50	3.2	2.3	1.8	3-5
V.M.A. vacíos del agregado mineral	%	18.2	17.2	16.2	17.2	18.8	Min 14
Vacíos llenados con C.A.	%	70.4	79.5	80.2	86.8	90.5	-
Flujo	Mm	2.6	3.0	2.9	3.1	3.7	2-4
Estabilidad corregida	Kg	914	1101	1183	1079	933	Min. 815
Estabilidad-flujo	kg/cm	3246	3975	3988	3793	2731	1400-4000

Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

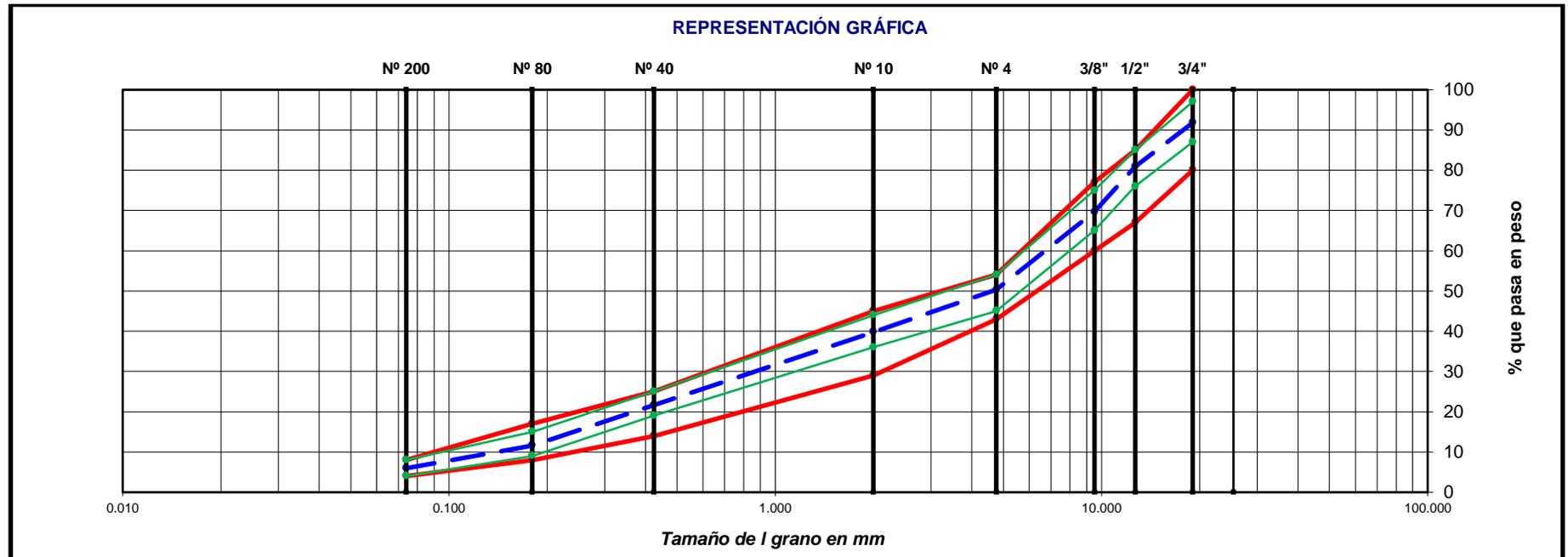
**Descripción:** En la tabla N° 7, se muestra el cuadro resumen de la muestra con 0.75% de PET siendo 5.30% el mejor contenido de asfalto.

*Tabla N° 8: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 1.00% de PET MAC-1*

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											
Tamiz ASTM		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°10	N° 40	N° 80	N° 200	<N° 200
ABERTURA EN mm		2.540	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.425	0.180	0.074	
PESO RETENIDO	gr.	0	534.0	705.0	734.0	1258.0	196.4	339.6	187.2	105.6	111.2
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.2	10.8	11.3	19.4	10.5	18.2	10.0	5.6	5.9
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.2	19.1	30.4	49.7	60.2	78.4	88.4	94.1	100
PASA	%	100	91.8	80.9	69.6	50.3	39.8	21.6	11.6	5.9	-
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	-
TOLERANCIAS	%	5	5	5	5	5	4	3	3	2	
TRAMO ASFALTICO		-					-				

*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

Gráfico N° 15: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 1.00% de PET



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 15, se muestra los parámetros del diseño MAC-1, definido por el color rojo, continuamente se visualiza una línea verde, que representa la faja de trabajo o las tolerancias según la granulometría, así mismo se observa una línea azul discontinua la cual representa el porcentaje retenido acumulado de los agregados, este último debe encontrarse dentro de las líneas de control (faja de trabajo y especificaciones).

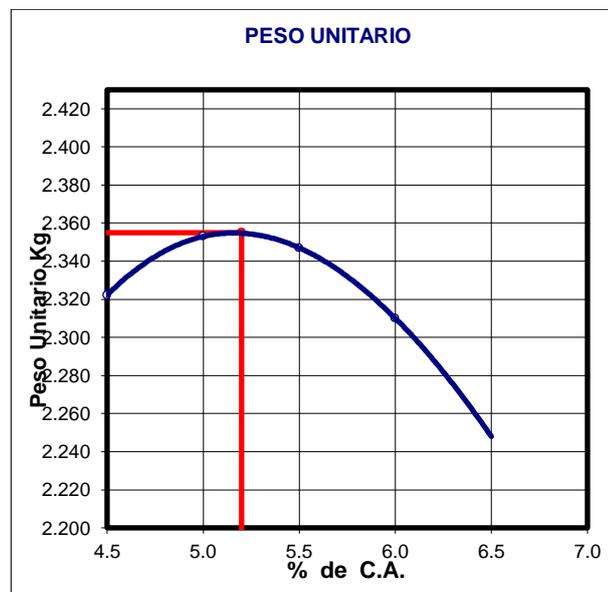
*Tabla N° 9: Dosificación para diseño Marshall*

Agregados	Porcentajes
Agregado grueso	47.00%
Agregado fino	51.00%
Filler	2.00%

*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

Continuamente, se realizó el ensayo Marshall en conformidad con las normas ASTM D-1559 y MTC EG-2013 SECCION 423 para mezclas asfálticas en caliente, para lo cual se utilizó las cantidades de 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0% de cemento asfáltico PEN 60/70. A continuación se observa los resultados obtenidos por ensayo Marshall.

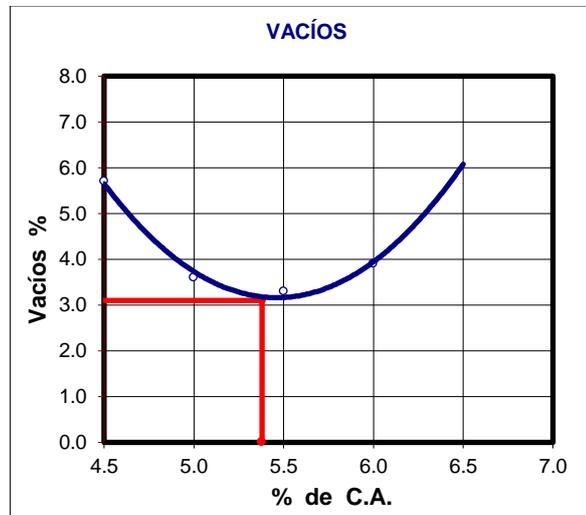
*Gráfico N° 16: Peso unitario vs Porcentaje C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 16, se muestra que el Peso unitario se eleva a su punto máximo según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.3% haciendo que la mezcla eleve su Peso Unitario, sin embargo, pasando 5.5%, decae el Peso unitario.

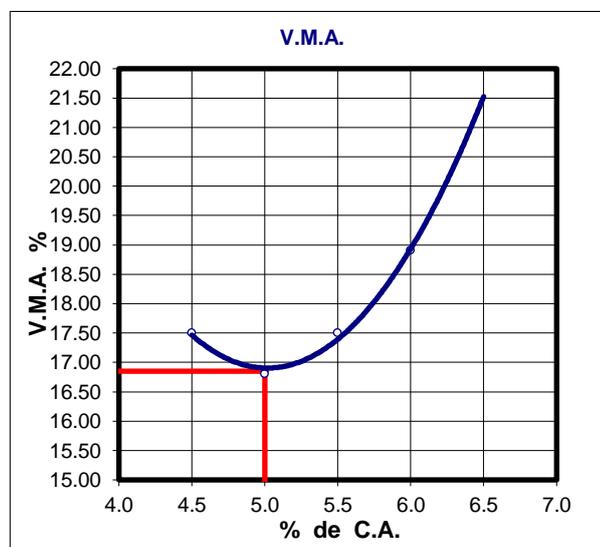
*Gráfico N° 17: Vacíos vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 17, se muestra que el porcentaje de vacíos disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.5% haciendo que la mezcla tenga menos vacíos de aire, posteriormente aumenta.

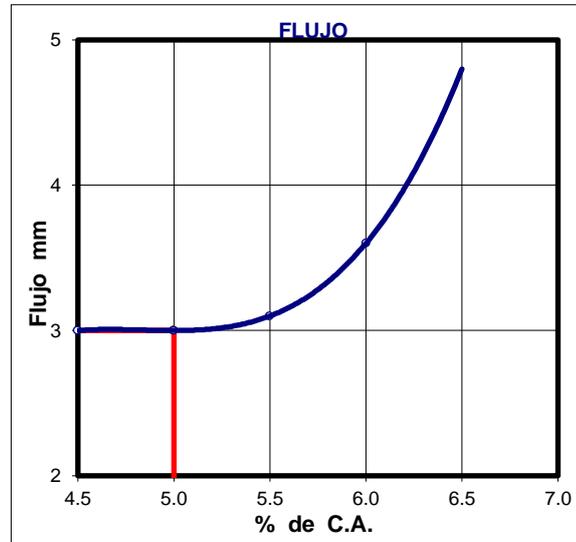
*Gráfico N° 18: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 18, se muestra que el porcentaje de vacíos de agregado mineral disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.50% y 5.20%, posteriormente sube conforme el cemento asfáltico aumenta.

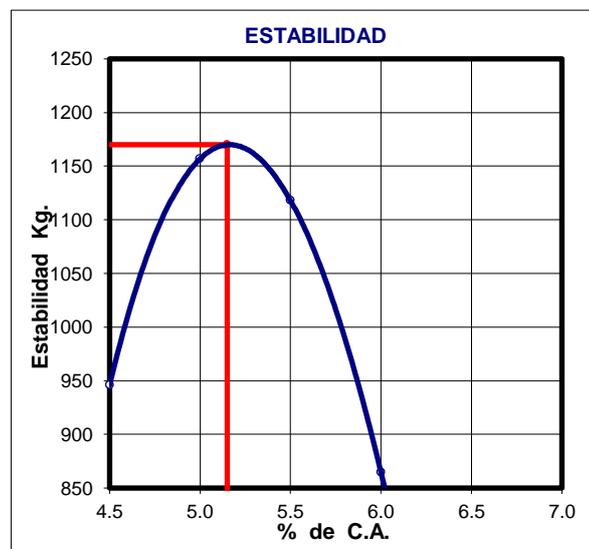
Gráfico N° 19: Flujo vs Porcentaje de C.A.



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 19, se muestra que el porcentaje de flujo sube según el contenido de asfalto haciendo que la mezcla sea más fluida y plástica.

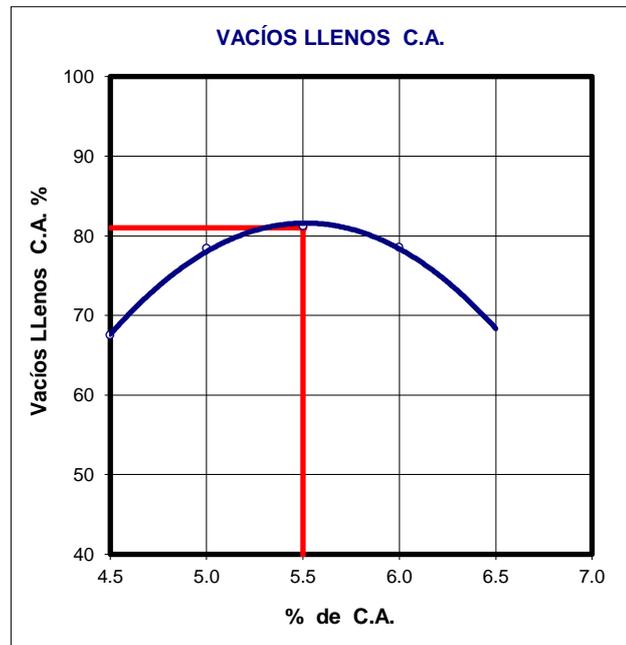
Gráfico N° 20: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 20, se muestra que la estabilidad aumenta según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.3% posteriormente disminuye según la edición de asfalto perdiendo resistencia.

*Gráfico N° 21: Vacíos llenos con C.A. vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 21, se muestra que el porcentaje de vacíos llenos con C.A. aumentan según se adicione más contenido de asfalto hasta 5.5%, luego empieza a decaer.

Posteriormente se hace la elección del Contenido de Asfalto óptimo para la muestra con PET al 1.00%

Tabla N° 10: Cuadro resumen con 1.00% de PET

C.A. en peso de la mezcla	Und.	4.50%	5.00%	5.30%	5.50%	6.00%	Parámetros
Nº de golpes en cada cara de la briqueta	und	75	75	75	75	75	75
Peso específico máx. de la probeta (RICE)	gr/cm <sup>3</sup>	2.322	2.353	2.349	2.347	2.319	-
Vacíos	%	5.7	3.6	3.50	3.3	3.9	3-5
V.M.A. vacíos del agregado mineral	%	17.5	16.8	16.3	17.5	18.9	Min 14
Vacíos llenados con C.A.	%	67.5	78.4	78.7	81.2	79.2	-
Flujo	mm	2.8	3.0	3.0	3.1	3.6	2-4
Estabilidad corregida	kg	946	1157	1199	1118	865	Min. 815
Estabilidad-flujo	kg/cm	3379	3858	3998	3615	2404	1400-4000

Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

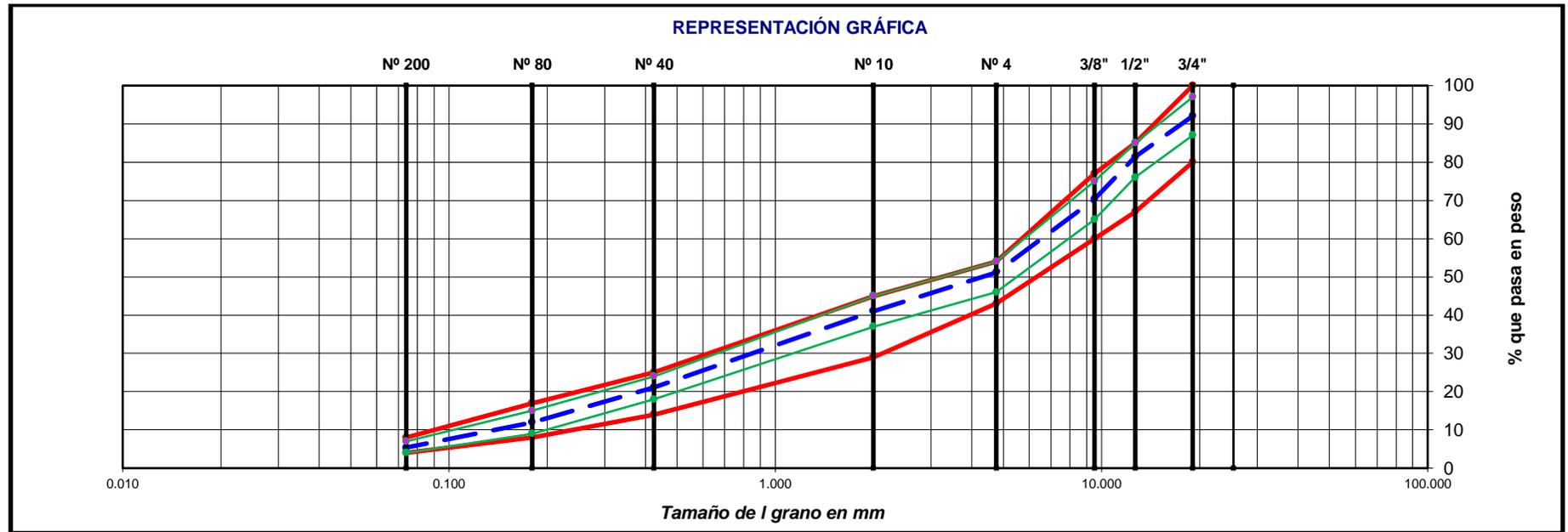
**Descripción:** En la tabla N° 10, cuadro resumen con 1.00% de PET se observa que el mejor contenido de asfalto es 5.30%

Tabla N° 11: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 1.25% de PET MAC-1

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											
Tamiz ASTM		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°10	N° 40	N° 80	N° 200	<N° 200
ABERTURA EN mm		25.40	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.425	0.180	0.074	
PESO RETENIDO	gr.	0	518.0	695.0	715.0	1247.0	186.0	366.0	168.0	121.0	99.0
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.0	10.7	11.0	19.2	10.1	19.9	9.1	6.6	5.4
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.0	18.7	29.7	48.8	59.0	78.9	88.0	94.6	100
PASA	%	100	92.0	81.3	70.3	51.2	41.0	21.1	12.0	5.4	-
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	-
TOLERANCIAS	%	5	5	5	5	5	4	3	3	2	
TRAMO ASFALTICO		-					-				

Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

Gráfico N° 22: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 1.25% de PET



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 22, se muestra los parámetros del diseño MAC-1, definido por el color rojo, continuamente se visualiza una línea verde, que representa la faja de trabajo o las tolerancias según la granulometría, así mismo se observa una línea azul discontinua la cual representa el porcentaje retenido acumulado de los agregados, este último debe encontrarse dentro de las líneas de control (faja de trabajo y especificaciones).

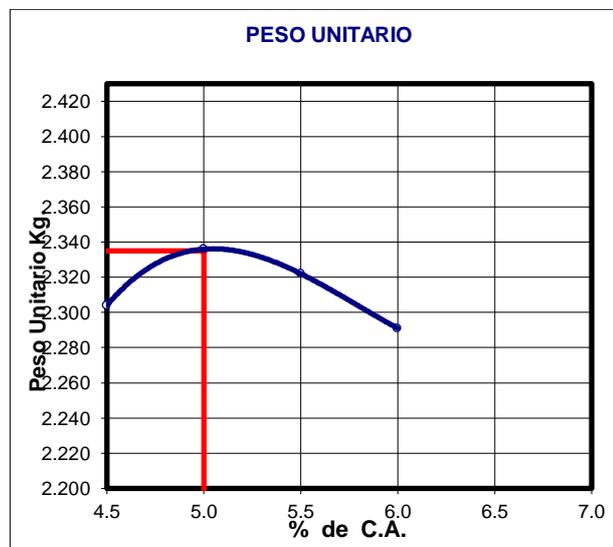
*Tabla N° 12: Dosificación para diseño Marshall*

Agregados	Porcentajes
Agregado grueso	47.00%
Agregado fino	51.00%
Filler	2.00%

*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

Continuamente, se realizó el ensayo Marshall en conformidad con las normas ASTM D-1559 y MTC EG-2013 SECCION 423 para mezclas asfálticas en caliente, para lo cual se utilizó las cantidades de 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0% de cemento asfáltico PEN 60/70. A continuación se observa los resultados obtenidos por ensayo Marshall.

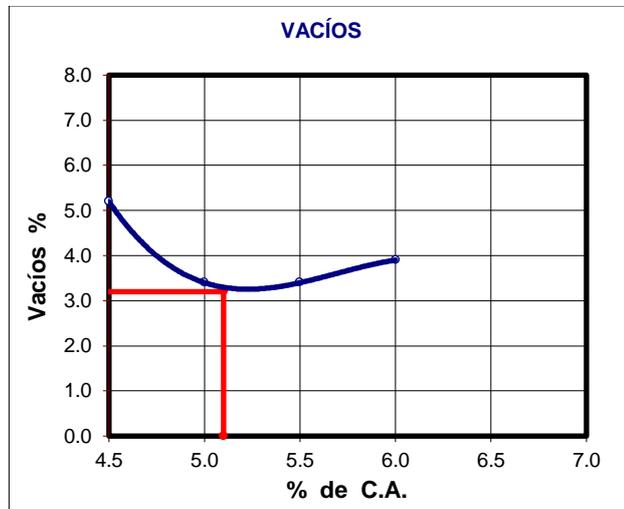
*Gráfico N° 23: Peso unitario vs Porcentaje C.A.*



*Fuente: Informe de Laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 23, se muestra que el Peso unitario se eleva a su punto máximo según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.1% haciendo que la mezcla eleve su Peso Unitario, sin embargo, pasando 5.1%, decae el Peso unitario.

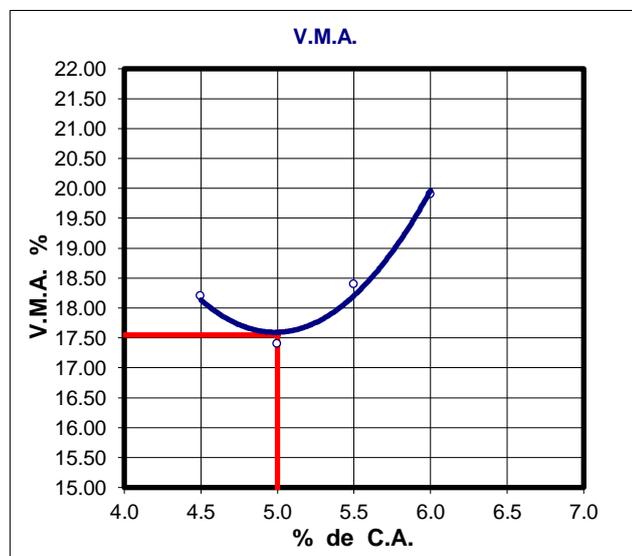
*Gráfico N° 24: Vacíos vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 24, se muestra que el porcentaje de vacíos disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.1% haciendo que la mezcla tenga menos vacíos de aire, posteriormente aumenta.

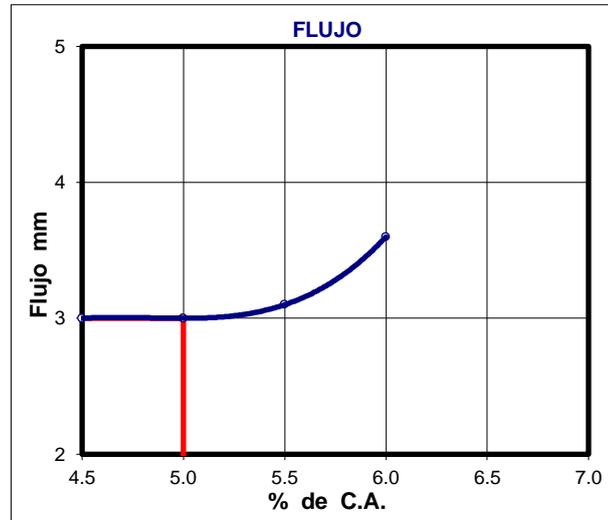
*Gráfico N° 25: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A.*



*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** En el gráfico N° 25, se muestra que el porcentaje de vacíos de agregado mineral disminuye según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.50% y 5.00%, posteriormente sube conforme el cemento asfáltico aumenta.

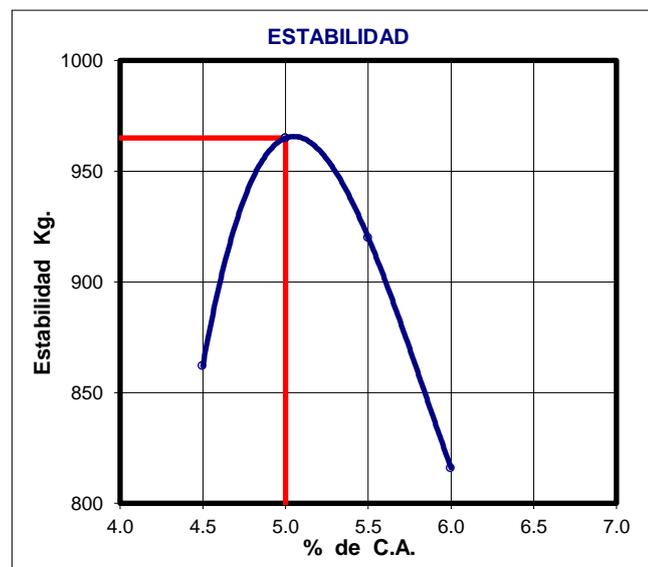
Gráfico N° 26: Flujo vs Porcentaje de C.A.



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 26, se muestra que el porcentaje de flujo sube según el contenido de asfalto, haciendo que la mezcla sea más fluida y plástica.

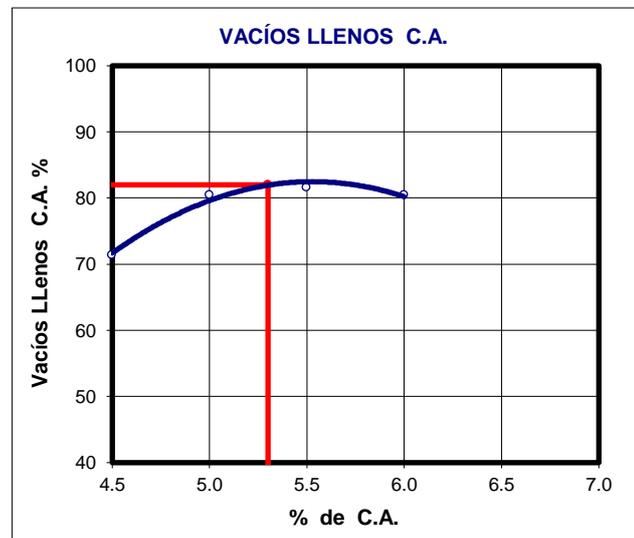
Gráfico N° 27: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 27, se muestra que la estabilidad aumenta según el contenido de asfalto entre los intervalos de 4.5% y 5.0% posteriormente disminuye según la edición de asfalto perdiendo resistencia

Gráfico N° 28: Vacíos llenos con C.A. vs Porcentaje de C.A.



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 28, se muestra que el porcentaje de vacíos llenos con C.A. aumentan según se adicione más contenido de asfalto hasta 5.5%, luego empieza a decaer.

Posteriormente se hace la elección del Contenido de Asfalto óptimo para la muestra con PET al 1.25%

Tabla N° 13: Cuadro resumen con 1.25% de PET

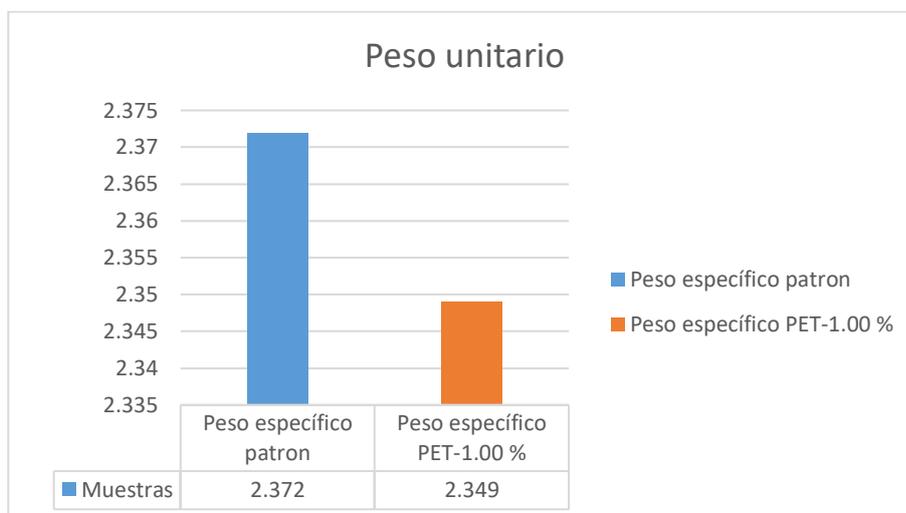
C.A. en peso de la mezcla	Und.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%	Parámetros
Nº de golpes en cada cara de la briqueta	und	75	75	75	75	75
Peso específico máx. de la probeta (RICE)	gr/cm3	2.304	2.336	2.322	2.291	-
Vacíos	%	5.2	3.4	3.4	3.9	3-5
V.M.A. vacíos del agregado mineral	%	18.2	17.4	18.4	19.9	Min 14
Vacíos llenados con C.A.	%	71.4	80.5	81.6	80.5	-
Flujo	mm	2.8	3.0	3.1	3.6	2-4
Estabilidad corregida	kg	862	965	920	816	Min. 815
Estabilidad-flujo	kg/cm	3079	3215	2973	2667	1400-4000

Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En la tabla N° 13, cuadro resumen con 1.25% de PET se observa que el mejor contenido de asfalto es 5.00%

Continuamente se realiza la comparación del diseño de mezcla patrón y el diseño de mezcla con 1.00% de PET.

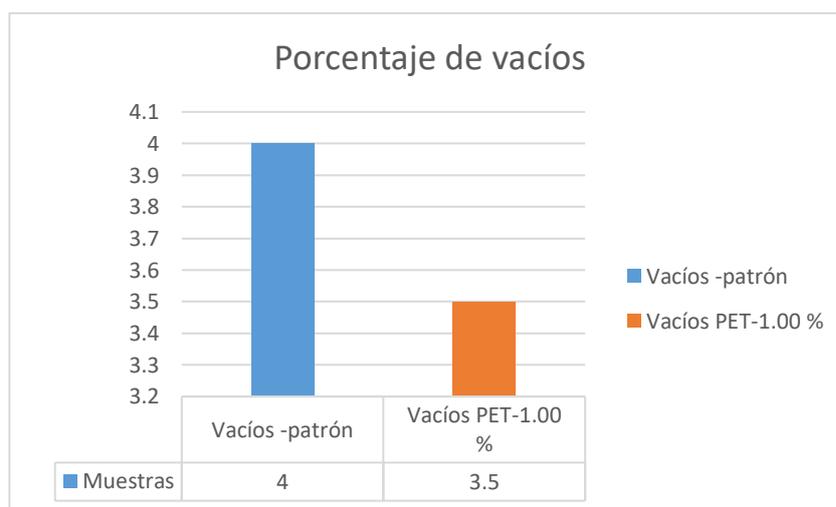
Gráfico N° 29: Comparación de Peso Unitario M-P vs M-PET 1.00%



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 29 se muestra que Peso específico de la muestra con PET al 1.00% es menor, lo cual repercute a nivel de costos.

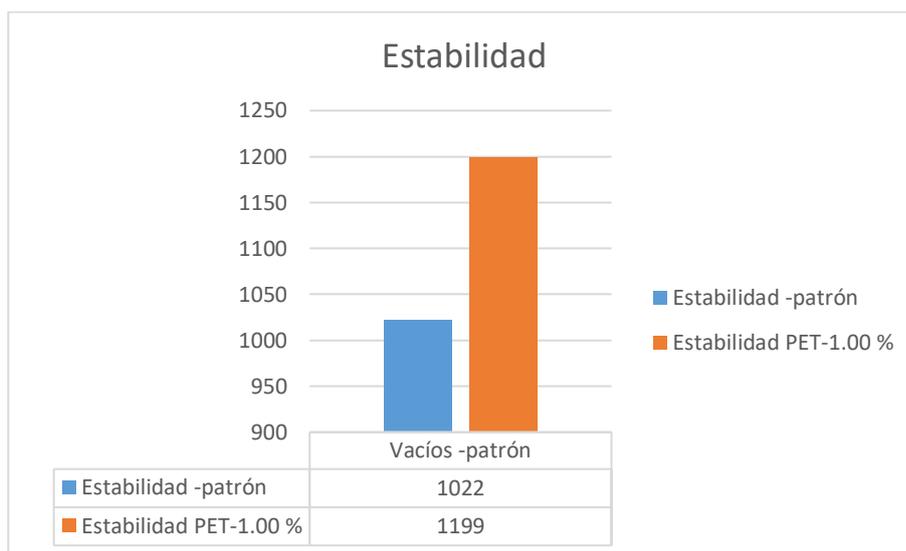
Gráfico N° 30: Comparación de Porcentaje de Vacíos M-P vs M-PET 1.00%



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 30, se muestra que el Porcentaje de vacíos de la muestra con PET al 1.00% es menor, lo cual repercute a nivel de resistencia.

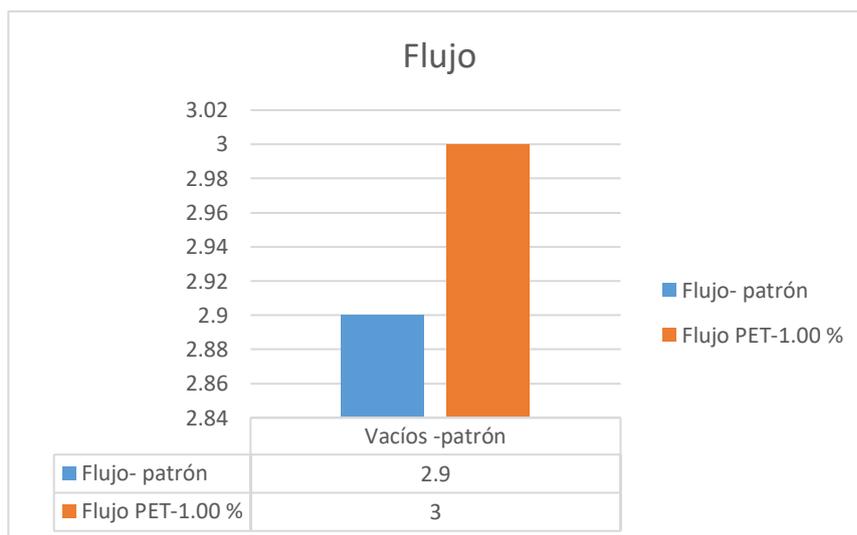
Gráfico N° 31: Comparación de Estabilidad entre M-P vs M-PET 1.00%



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 31, se muestra que el Porcentaje de vacíos de la muestra con PET al 1.00% es mayor, lo cual indica una estabilidad ante las deformaciones.

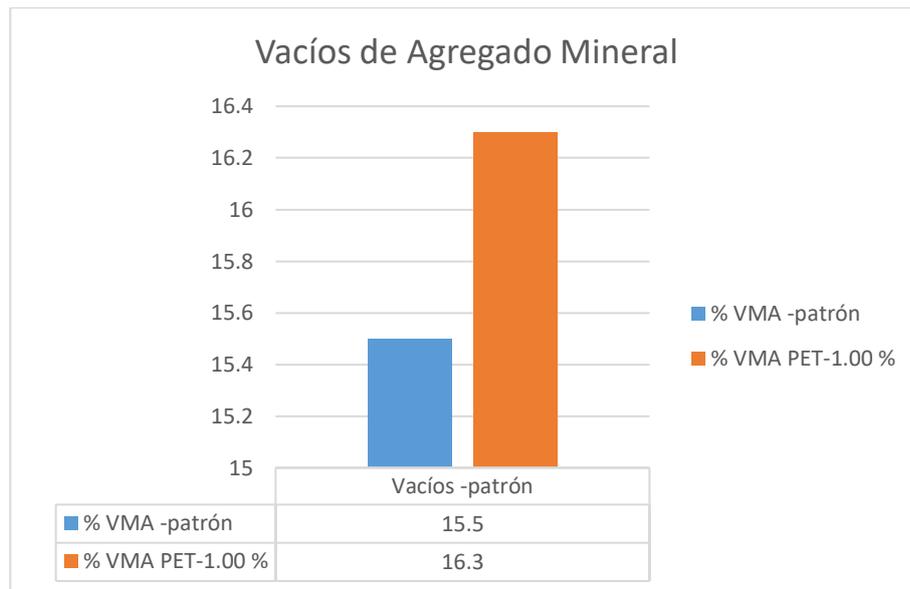
Gráfico N° 32: Comparación del flujo entre la M-P vs M-PET 1.00%



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 32, se muestra que el Porcentaje de vacíos de la muestra con PET al 1.00% es mayor siendo 3% estando dentro de los parámetros según el MTC EG-2013.

Gráfico N° 33: Comparación de Vacíos de agregado mineral entre M-P vs M-PET 1.00%



Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB

**Descripción:** En el gráfico N° 33, se muestra que el Porcentaje de vacíos de la muestra con PET al 1.00% es mayor, lo cual significa que el asfalto se adhiere más al agregado por ende se tiene mayor porcentaje de V.M.A. donde logra formar un espesor durable formando una película de asfalto mitigando desprendimientos.

**Resultados del tercer objetivo específico:** Determinar el porcentaje de polietileno de tereftalato óptimo que mejorara las propiedades mecánicas del asfalto. (se hizo la previa selección del óptimo contenido de C.A.)

*Tabla N° 14: Cuadro resumen del óptimo contenido de PET*

C.A. en peso de la mezcla	Und.	Patrón	PET-0.75	PET-1.00	PET-1.25	Parámetros
		5.40%	5.30%	5.30%	5.00%	
Nº de golpes en cada cara de la briqueta	und	75	75	75	75	75
Peso específico máx. de la probeta (RICE)	gr/cm3	2.372	2.353	2.349	2.336	-
Vacíos	%	4.0	3.20	3.50	3.4	3-5
V.M.A. vacíos del agregado mineral	%	15.5	16.20	16.30	17.4	Min 14
Vacíos llenados con C.A.	%	74.2	80.20	78.7	80.5	-
Flujo	mm	2.93	3.0	3.0	3.0	2-4
Estabilidad corregida	kg	1022	1183	1199	965	Min. 815
Estabilidad-flujo	kg/cm	3487	3988	3998	3215	1400-4000

*Fuente: Informe de laboratorio GEOLAB*

**Descripción:** Como se observa en la tabla N° 14, el porcentaje de Polietileno de Tereftalato óptimo que brinda mejoras relevantes es el 1.00% de PET.

❖ PRUEBA DE HIPOTESIS

Para la prueba de hipótesis, se realizó el análisis de varianza (ANOVA), mediante el software Microsoft Excel, para determinar, si el adicionar PET en porcentajes de 0.75%, 1.00% y 1.25% a la mezcla asfáltica en caliente mejora sus propiedades mecánicas, se consideró cuatro grupos que fueron evaluados: Mezcla patrón (12 briquetas), mezcla con 0.75% PET, mezcla con 1.00% de PET y mezcla con 1.25% de PET, continuamente la hipótesis se descompone en:

H(o) = La adición de PET, en 0.75%, 1% y 1.25%, no influyó significativamente en la mejora de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente

H (1) = La adición de PET, en 0.75%, 1% y 1.25%, influyó significativamente en la mejora las propiedades mecánicas del asfalto en caliente

Se tomó los resultados del informe de laboratorio, para la elaboración del ANOVA.

*Tabla N° 15: Resumen de los resultados obtenidos del informe de laboratorio*

RESUMEN					
<b>Grupos</b>		<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
<b>Patrón</b>	C.A.				
5.40%		5	4531.4	906.28	2274300.12
<b>PET-0.75</b>	C.A.				
5.30%		5	5193.4	1038.68	2977408.49
<b>PET-1.00</b>	C.A.				
5.30%		5	5219.8	1043.96	2993157.38
<b>PET-1.25</b>	C.A.				
5.00%		5	4156.1	831.22	1890455.09

*Fuente: Resultados obtenidos del informe de laboratorio GEOLAB*

Para obtener el cuadro de análisis de varianza se verifico las diferencias existentes, según los parámetros de diseño establecidos en el MTC EG, 2013.

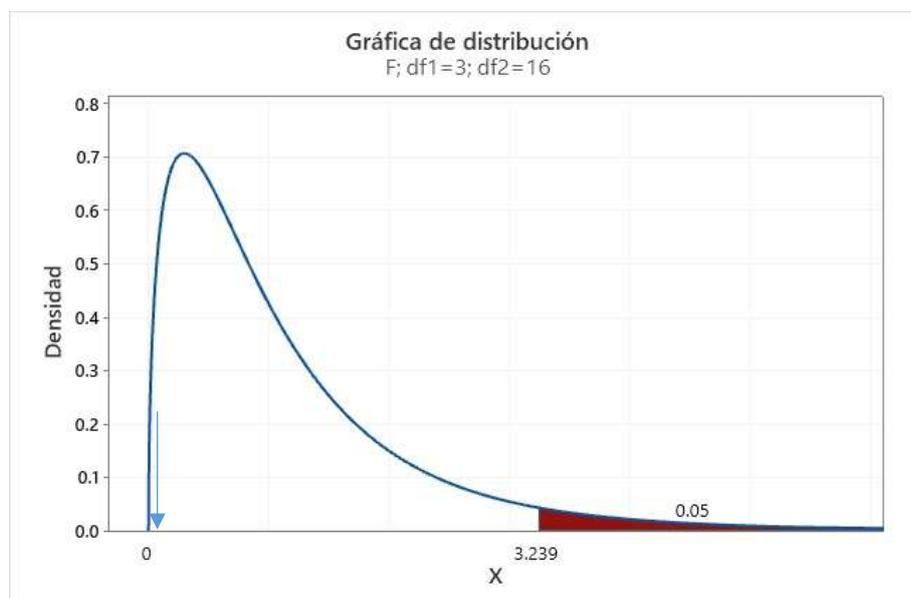
Tabla N° 16: Análisis de varianza – Comprobación de la hipótesis

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	163056.7295	3	54352.2431	0.0214506	0.9955	3.239
Dentro de los grupos	40541284.34	16	2533830.27			
Total	40704341.07	19				

Fuente: Elaboración propia- software Excel

**Descripción:** En la tabla N° 16, Análisis de varianza como se observa, la estimación del valor de probabilidad (P) es 0.995 siendo mayor  $\alpha$  con 0.05, por lo cual, se acepta la hipótesis nula (Ho: La adición de PET, en 0.75%, 1% y 1.25%, no influyó significativamente en la mejora de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente), por ende, se considera que la adición de Polietileno de Tereftalato con 0.75% y 1.00% aporta una mejora la mezcla asfáltica en caliente, pero el 1.25% no influye una mejora en la mezcla asfáltica en caliente, por lo cual no fue satisfactoria.

Gráfico N° 34: Curva de FISHER



Fuente: Elaboración propia - software Minitab

**Descripción:** En el gráfico N° 34, Curva FISHER se realizó la verificación del resultado obtenido de 3.239 tomado de la intersección de los grados de libertad por medio de la tabla de valores F de la distribución de FISHER. Continuamente el valor de 3.239 fue mayor que el valor de F 0.021 (tabla N°16), por lo cual se verifica que la hipótesis nula fue aceptada, resumiendo lo indicado, la curva de FISHER guarda relación con la tabla de análisis de varianza.

**Resultados del objetivo general:** Determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole 0.75 %, 1% y 1.25% de PET

Como se observa en la tabla N° 16, y en el gráfico N° 34, se verifico que la adición de PET en porcentajes de 0.75% y 1.00% influyo en la mejora de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente ante la mezcla patrón, siendo el 1.00% de PET el contenido óptimo (tabla N° 14 y tabla N° 15), por lo cual, al tener una mayor estabilidad, mejora la resistencia, continuamente presentar un mejor flujo, mejora la resistencia a la fatiga, paralelamente mejoro la capacidad de adhesión y cohesión, siendo más viscoso a temperaturas elevadas y menos viscoso a temperaturas bajas (susceptible a la temperatura).

## V. DISCUSIÓN

Al realizar los ensayos requeridos por el MTC para el diseño de asfaltos en caliente se ha buscado determinar, como el Polietileno de Tereftalato (PET) influye en las propiedades mecánicas del asfalto, con la finalidad de mejorar la estabilidad y el flujo de la mezcla asfáltica. Así mismo, Arteaga (2018, p.2) resalta que el PET es un elemento estable, inmune al ataque de microorganismos, no es biodegradable, es ligero y reciclable en su totalidad lo cual lo hace un elemento apto para ser utilizado en el rubro de la construcción civil.

Por otro lado, los autores mencionados en la introducción no consideraron necesario la determinación de las propiedades físicas del PET, motivo por el cual solo se presentó los resultados obtenidos.

Continuando con lo anterior, como respuesta a determinar las propiedades físicas del PET, García (2017, p.26) en su tesis Ingeniería básica de una planta de producción de Polietileno de Tereftalato, determina que el PET presenta una densidad de 1.34 – 1.39 g/cm<sup>3</sup>, resistencia a la tensión entre 59 – 72 MPa, resistencia al calor entre 80 – 120 °C entre otras propiedades que han sido tomadas como respuesta a nuestro primer objetivo.

Así mismo, se plantea determinar estabilidad, flujo y características volumétricas de la mezcla asfáltica estándar y de las mezclas asfálticas modificadas. Por lo que, Ortiz (2017), en su tesis, Mezclas asfálticas en caliente adicionando Tereftalato de Polietileno como agregado por el método Marshall, diseño 3 probetas de muestra para luego adicionarle un 5% de PET, posterior a esta adición considera que la adición en este porcentaje es deficiente ya que actúa como vacío en la mezcla ya que este reemplaza a un porcentaje del cemento asfáltico. En cuanto a Forigua y Pedraza (2014), en su tesis, Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios de plástico, planteo una mezcla asfáltica modificada a través de la incorporación de residuos plásticos, teniendo como muestra 15 briquetas que luego de realizar el ensayo Marshall concluyo que el 0.4% es el porcentaje optimo en muestras de 25/50 golpes para el método Marshall.

Por otra parte, Navarro (2017), en su tesis “Propuesta de diseño de Mezclas asfálticas con adiciones de PET” tiene como objetivo crear una mezcla asfáltica con la incorporación de PET la cual deberá indicar el flujo y la estabilidad para pavimentos tipo flexibles, así mismo plantear una propuesta de crecimiento respecto a su vida útil, ahorrando fuertes sumas de dinero, consideraron muestras de dos canteras (La viña y tres tomas), elaboraron 3 briquetas para cada tipo de tránsito desde uno liviano, medio y pesado al cuales le incorporaron 0.3% y 0.5% de PET a través del método Marshall, por lo cual determinaron que la adición de PET en el diseño de mezcla asfáltica influye satisfactoriamente para un flujo vehicular de tránsito medio. Respecto al ensayo Marshall se realizaron 50 golpes por cara entendiéndose que fue para un tránsito medio en el cual les dio un factor estabilidad de 10.25 KN y un flujo de 540kg y según especificaciones la estabilidad min es 5.34Kn y el flujo es 544, definieron que el PET se restringe a tránsito medio. En cuanto a Silvestre (2017), en su tesis “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017”, indicó obtener el porcentaje que mejorara las características estructurales y físicas de la mezcla asfáltica alterada con plástico frente a la mezcla estándar de igual modo realizó una comparación económica entre la mezcla estándar y la alterada, utilizó el método Marshall para el cual realizó 3 ensayos elaborando un total de 45 briquetas con diferentes porcentajes de 0.5 , 1 y 1.5%, posteriormente definió que el porcentaje que mejoró las propiedades estructurales y físicas fue de 1%. El plástico fue triturado pasando por la malla nº 16 para que obtenga un mejor comportamiento sobre el porcentaje de vacíos en el cual arrojó 2.5% menos que la mezcla estándar, que a su vez mejoró la estabilidad. Comprobaron que hubo un ahorro de 2.63% en la producción de la mezcla asfáltica en el cual aumentó las características mecánicas y físicas convirtiéndola en una mezcla viable. De tal forma, Zubeida (2017), en su investigación “Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico”, planteó definir el comportamiento en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico incorporando PET y PEAD sustituyendo 1, 3 y 5% en el agregado fino, se usó normas y teorías aprobadas del pavimento flexible-mezcla en caliente, tal como el método Marshall en el cual determinaron

una población y muestra de 84 briquetas. Se finalizó que adicionando un porcentaje de 3 % de desecho PET tiende a crecer en la resistencia a la deformación, pero respecto a la flexibilidad tiende a reducir mínimamente, encontrándose dentro de los parámetros para un pavimento flexible. Opuestamente con el desecho tipo PEAD que aplico la sustitución de 1.3 y 5% convierte al pavimento estándar en uno rígido saliendo de los parámetros considerados para pavimento flexible. Así mismo, Saavedra e Ypanaque (2018), en su tesis “Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall – 2018” definió principalmente determinar cómo influirá en las propiedades mecánicas y físicas la incorporación de polipropileno para el cual realizo briquetas como muestras de evaluación, comparando las muestras estándar con las alteradas afirmo que el concreto asfáltico alterado con polipropileno redujo el flujo respecto al concreto asfáltico estándar, por lo cual aparte de mejorar las características clásicas a la mezcla también mejora la rigidez haciéndola recomendable frente a las deformaciones permanentes de los pavimentos flexibles, se definió también que en el concreto asfáltico estándar la estabilidad fue 789.00 Kg mientras que en la alterada con polipropileno fue de 1292.71 Kg siendo una diferencia de 61.03%. Indicaron que la adición de polipropileno al concreto asfáltico estándar mejora notablemente las características físicas y mecánicas, disminuyendo las comunes fallas en los pavimentos flexibles provenientes del clima o del tráfico vehicular de cargas pesadas.

En relación con las investigaciones anteriormente mencionadas en la discusión, se realizó 3 briquetas por cada porcentaje de cemento asfáltico teniendo en cuenta 4 contenidos de asfalto utilizados en cada uno de los diseños planteados, tanto en el diseño patrón, como en los diseños modificados con PET, en las briquetas se aplicó 75 golpes por cara debido a su granulometría (MAC-1). Posteriormente, las briquetas fueron ensayadas según el método Marshall obteniendo resultados como el flujo, para la muestra patrón se obtuvo 2.9 mm, 3.0mm para la muestra de 0.75 % de PET, 3.0 mm para la muestra de 1% de PET, 3.0 mm para la muestra de 1.25% de PET, teniendo como parámetros de diseño los establecidos por el MTC EG 2013, encontrándose entre 2-4 mm.

Por otro lado, se obtuvo una estabilidad de 1022kg para la muestra patrón, 1183kg para la muestra de 0.75% de PET, 1199kg para la muestra de 1.00% de PET y 954kg para la muestra de 1.25% de PET, teniendo como estabilidad mínima según parámetros del MTC EG 2013 a 815 kg. Este mismo ensayo Marshall nos da la estabilidad – flujo, para la muestra patrón con un valor de 3487 Kg/cm, para la muestra de 0.75% de PET un valor de 3988 Kg/cm, para la muestra de 1.00% de PET un valor de 3998 Kg/cm y para la muestra de 1.25% de PET un valor de 3179 Kg/cm, teniendo este valor un parámetro establecido en el MTC EG 2013 que se encuentra entre 1400 – 4000 kg/cm.

Posteriormente, se plantea determinar el porcentaje de polietileno de tereftalato óptimo que mejorara las propiedades mecánicas del asfalto, para lo cual se realiza el análisis en cada uno de los diseños realizados para la muestra patrón y las muestras modificadas. Luego se elige el porcentaje óptimo de cemento asfáltico en cada uno de los diseños, se realiza la comparación de los resultados obtenidos en el ensayo Marshall, por lo que se elige como porcentaje óptimo a la muestra que contiene 1.00% de PET y 5.30% de cemento asfáltico teniendo esta un flujo de 3.0 mm ubicado dentro del parámetro de 2 – 4 mm establecido en el MTC EG 2013, una estabilidad corregida de 1199 kg que sobrepasa el mínimo establecido, un valor de 3998 kg/cm en la relación estabilidad flujo encontrándose dentro del parámetro establecido en el MTC EG 2013, se le considera como la muestra modificada óptima ya que presentó una mejora relevante respecto a las demás muestras.

En el análisis de varianza (ANOVA) la estimación del valor de probabilidad (P) es 0.995 es mayor al 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ : La adición de PET, en 0.75%, 1% y 1.25%, no influyó significativamente en la mejora de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente), por ende, se considera que la adición de Polietileno de Tereftalato con 0.75% y 1.00% aporta una mejora a la mezcla asfáltica en caliente, pero el 1.25% no influye una mejora en la mezcla asfáltica en caliente, por lo cual no fue satisfactoria.

En relación con la metodología empleada, así como en los antecedentes anteriormente mencionados en la discusión, se empleó el método Marshall por sobre el método Superpave para la elaboración de mezclas asfálticas en

caliente, ya que este método se basa en la estabilidad y el contenido de vacíos mientras que el método Superpave se basa solo en el contenido de vacíos, siendo así el de mayor empleo en los diferentes países incluyéndolo en sus diferentes manuales o guías correspondientes al diseño de pavimentos. Por otro lado, en el Perú existe un manual de diseño que contiene criterios base para el diseño de pavimentos en el cual indica que para el diseño de una carretera tipo MAC 1 (tránsito pesado) el cual es el caso de esta investigación se realiza el método Marshall con los criterios establecidos por el MTC EG 2013.

Esta investigación presenta una gran relevancia ambiental, ya que está demostrado que el plástico es de los mayores agentes contaminantes del medio ambiente, dicho material sería reciclado y utilizado en la elaboración de la mezcla asfáltica. Por otro lado, la elaboración de la mezcla asfáltica modificada con PET propone un ahorro en el costo a largo plazo, aplazando de esa forma los periodos de mantenimiento en relación con los pavimentos convencionales.

Sin embargo, la realización de la mezcla asfáltica modificada con PET presenta algunas debilidades, como sería el caso de que se busque realizar una pavimentación de gran envergadura se necesitaría cantidades considerables de PET, lo cual supondría un mayor enfoque al tema del reciclado ya que la idea es retirar el plástico del medio ambiente para ser reutilizado. Por otro lado, en cuanto a las debilidades presentadas, se observó que el PET en polvo nos permitirá obtener una menor cantidad de vacíos y una mejor adhesión de cemento asfáltico y agregados.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se determinó que el diseño de mezcla asfáltica en caliente fue de tipo MAC-1, el cual se define por la granulometría de los agregados, presentando una dosificación de 47.00% de agregado grueso (piedra chancada), 51.00% agregado fino (arena gruesa) y 2.00% de Filler.
- 6.2. Se determinó que el PET es un elemento termoplástico, es decir que cambia de forma dependiendo su temperatura, siendo más viscoso a altas temperaturas y menos viscoso a bajas temperaturas, así mismo resistente a la absorción de agua.
- 6.3. Se determinó que la incorporación de PET al agregado fino en 1.00% es el porcentaje óptimo, brindándole mayor estabilidad en un 17.3% ante la mezcla estándar de igual forma, el flujo con un 2.39 ante la mezcla patrón, los vacíos con aire en un 12.5% y vacíos llenos con cemento asfáltico en un 6.00%.
- 6.4. Se determinó que la adición de Polietileno de Tereftalato con 1.00% mejora las propiedades mecánicas ante la mezcla asfáltica estándar, realizándose el ensayo Marshall a un total de 48 briquetas, siendo 12 briquetas por cada diseño, obteniendo una estabilidad de 1022 Kg, un flujo de 2.93 mm, un porcentaje de vacíos de 4.00% y un porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico de 74.2%, mientras que para la mezcla asfáltica con PET presenta una estabilidad de 1199 Kg, un flujo de 3.00 mm, un porcentaje de vacíos de 3.50% y un porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico de 78.7%.
- 6.5. Como conclusión general, se determinó, que incorporando PET en 1.00% a la mezcla asfáltica en caliente se mejoro la estabilidad, que a su vez se convierte en mayor resistencia, así mismo presento un mejor flujo, el cual mejoro la resistencia a la fatiga, paralelamente mejoro la capacidad de adhesión y cohesión, siendo más viscoso a temperaturas elevadas y menos viscoso a temperaturas bajas (susceptible a la temperatura).

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los futuros investigadores:

- 7.1. El lavado de las botellas de plástico (PET) para evitar posibles alteraciones, ya que para este caso las botellas de plástico fueron recicladas.
- 7.2. Ampliar la población para que los resultados sean más precisos, así mismo verificar con los parámetros del MTC EG-2013, complementariamente guiarse del Manual de Ensayos-2000.
- 7.3. Utilizar porcentajes más reducidos de PET, menores al 1.00% ya que, al aumentar el porcentaje de adición del PET a la mezcla asfáltica, esta se vuelve más plástica haciendo que el flujo tiene a variar de manera ineficiente.
- 7.4. Utilizar PET pulverizado para evitar posibles problemas de adhesión al mezclar con los agregados.

## REFERENCIAS

AIMACAÑA, Juan. Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Técnica De Ambato, 2017. 121 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/znjg>

ARTEAGA, Fernando. Análisis del comportamiento de la Base – Cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Colombia: Universidad católica de Colombia. 2018. 91 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/3lhs>

BAHAMONDES, Rodrigo, ECHAVEGUREN, Tomás y VARGAS, Sergio. Assessment of pavement concrete blocks design methods. Revista de la construcción [en línea]. vol.12 no.3 Santiago.2013. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/78rf70>

BENAVIDES, Karina. Pavimentos ecológicos: Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente (MDC-2) modificada con desechos plásticos [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Cartagena: Universidad de Cartagena, 2014. 168 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/1754>

BOJORQUE, Jaime, FLORES, Cristian y Vásquez, Mario. 2019. Marshall parameters for quality control of hot mix asphalt after pavement construction. Cuenca: s.n., 2019. 8 pp. [fecha de consulta: 10 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/iwoa>

ISSN: 0718-915X

BOTERO, Eduardo, MUÑOZ, Liliana y ROMO, Miguel. Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET) and geotechnical applications. Revista

Colombiana Facultad de Ingeniería [en línea]. Marzo, 2014 n° 70. 14 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/8vpi>

ISSN: 0120-6230

BURGOS, Bruno. Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta S/R: Santa Elvira – El Arenal, en la comuna de Valdivia. [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Chile: Universidad Austral de Chile, 2014. 121 pp. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/pl54>

CAMACHO, Yuly, GÓMEZ, Linda y LÓPEZ, Leidy. Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de PET, Villavicencio 2019 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, 2019. 92 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre del 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/bkpt>

CANTA, Franklin y VIVAS, Katherine. Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2018. 245pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34380>

CERVERA, César. 2016. Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016. 156 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11236>

COICUE, Luis y SEPULVEDA, Cristhian. Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2017. 120 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/iixw>

COLOMO, Nelson. Ingeniería del reciclado en envases de Tereftalato de Polietileno (PET) [en línea]. Tesis (Título de ingeniero Mecánico) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 2013. 151 pp. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2020].

Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0743\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0743_M.pdf)

DURÁN, Uriel. Diseño de una recicladora de PET, estrategias y cadena de suministro para su formulación [en línea]. 2013. 121 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019]

Disponible en: <https://n9.cl/yp9z>

ISBN: 2013916078

EARNEST, Mattew. Performance Characteristics of Polythylene Terephthalate (PET) Modified Asphalt [Características de Rendimiento del Asfalto Modificado con Tereftalato de Polietileno (PET) [en línea]. a). Georgia Southern University, Georgia, Estados Unidos (EEUU), 2015. 96 pp. [Fecha de consulta: 11 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/229061066.pdf>

FLORES, Patricio [et al]. Design of a flexible pavement adding Polyethylene Terephthalate as constitutive material with asphalt cement AC-20 [en línea], 2013. 8 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/97inq>

FLORES, Jhon. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil), Lima: Universidad César Vallejo. s.n., 2018. 174 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25348>

FORIGUA, José y PEDRAZA, Elkin. Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos [en línea]. Tesis (Título para

especialista en ingeniería de pavimentos) Colombia: Universidad católica de Colombia de Bogotá, 2014. 32 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/qvwz>

GARCÍA, María. Ingeniería básica de una planta de producción de Polietileno Tereftalato [en línea]. Tesis (Título para ingeniero Químico) España: Universidad de Sevilla, 2017 p.172 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/Of0j>

GIL, Juan. Técnicas e instrumentos para la recogida de información [en línea]. Madrid: Editorial UNED, 2016. 307 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/yq7c8>

ISBN: 978-84-362-6995-6

HERNÁNDEZ, Arturo [et al]. Metodología de la investigación científica [en línea]. 1º ed. Els Alzamora. 2018.174 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/bdb1o>

ISBN: 978-84-948257-0-5

HUAMÁN, Néstor y CHANG, Carlos. The permanent deformation in the asphalt mixtures and the consequent deterioration of asphalt pavements in Peru. Revista Peruana URP Perfiles de Ingeniería [en línea]. 2016. Vol.2 (2015). 9 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/2ucp8>

KENNETH, Tutu y YAW, Tuffour. Warm-Mix Asphalt and Pavement Sustainability: A Review. Revista Scientific Research [en línea]. Vol.6 Núm2. 2016. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: [https://www.scirp.org/pdf/OJCE\\_2016030914581022.pdf](https://www.scirp.org/pdf/OJCE_2016030914581022.pdf)

ISSN: 2164-3172

LEIVA, F. [et al]., L. The influence of surface deflection on flexible pavements with low resistance subgrade [en línea]. vol.32, n.1. 2017. 12 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/cmddz>

ISSN: 0718-3305

LORK industrias, S.L. 2013 [en línea]. Ficha Técnica en Barcelona. 2013. 1 pp. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/pbhao>

LUQUE, Alex. Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico – Juliaca, 2018 [en línea]. Tesis. (Título para obtener el grado de ingeniero civil). Perú: Universidad Nacional del Antiplano – Puno. 2019. 162 pp. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/njsu5>

MANCY, Ahmed. Modification of hot mix asphalt using polyethylene therephthalate (PET) waste bottles. SUST Journal of Engineering and Computer Sciences (JECS) [en línea]. v18, N°1. 2017. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/8hqu>

MANUAL DE CARRETERAS, Sección 423 Pavimento de concreto asfaltico en caliente [en línea]. Perú. INN, 2013.1285 pp. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/8s68l>

MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, Sección 05. [en línea]. Perú. INN, 2016. 1269 pp. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/apl74>

MARDONES, Luis [et al]. Evaluation of mechanical properties of asphalt mixtures with incorporation of aramid and polypropylene synthetic fibers. [en línea]. vol.20, n.36. 2018. 18 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/dmae>

ISSN: 2215-3705.

MANSILLA, Hugo. Investigación y desarrollo. En revista del Instituto de Ensayo de Materiales [en línea]. Septiembre 2016. 67 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://iem.umsa.bo/wp-content/uploads/2017/08/LIBRO10.pdf>

ISSN: 2078-7731

MASSELLI, Gianina S.R. y PAIVA, Cassio. The influence of surface deflection on flexible pavements with low resistance subgrade. Ingeniare. Rev. chil. ing. [en línea]. vol.27, n.4. 2019. 12 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/mhpic>

ISSN 0718-3305.

MEJÍA, Cristian y SIERRA, Cristian. Estado del arte de mezcla asfáltica modificadas en los últimos 10 años: caso estudio Universidad de Bogotá D.C. [en línea]. Tesis (título de Ingeniero Civil). Bogotá Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2017. 61 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003837.pdf>

MOUSALLI, Gloria. Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa [en línea]. artículo científico. 2015. 38 pp. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/55kh>

NAVARRO, José. Propuesta de Diseño de mezclas asfálticas con adiciones de Pet. Pimentel [en línea]. Tesis (título de ingeniero civil) Perú: Universidad Señor de Sipan, Pimentel, 2017. 166 pp. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2019].

Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/4569>

ORTIZ, Brayan. Mezclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de Polietileno como agregado por el método Marshall en Guatemala [en línea]. Tesis (título de ingeniero civil). Guatemala: Universidad de san Carlos de Guatemala. 2017. 159 pp. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2019].

Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8111/>

PÉREZ, Julián y GARDEY, Ana. Plásticos: Definición [en línea]. DE. 2013. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://definicion.de/plastico/>

PINEDO, Cesar. Diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno para el mejoramiento del camino vecinal nuevo shupishiña morales 2016 [en línea]. Tesis (título de ingeniero civil). Tarapoto – Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2016. 280 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2020].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10332>

ROMERO, Patricio, BONIFAZ, Hugo y REVELO, Mary. Design of Hot Asphalt Mixtures Modified with Elastomer (rubber) and Polyethylene Terephthalate recycled with AC-20 Asphalt. Revista Peruana URP Perfiles de Ingeniería [en línea]. 2014-08. 7 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/61s9j>

RONDÓN, H. y REYES, F. Pavimentos Materiales, Construcción y Diseño [en línea]. 1ra ed. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones. 2015. 608 pp. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/vea1q>

ISBN: 978-958-771-175-2

SAAVEDRA, Roger e YPANAQUE, Roy. Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall – 2018 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Chimbote, 2018. 300 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31051>

SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación [en línea]. 6ª ed. México: México DF. 2014. 634 pp. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/65f>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

SILVESTRE, Deyvis. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima- 2017 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2017. 118 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1506>

SULYMAN, M., HAPONIUK, J., and FORMELA, K. Utilization of recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Engineering Materials a review. International Journal of Environmental Science and Development, v7, 100-108. [en línea]. Vol. 7 Núm. 2. 2016. 9 pp. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2020].

Disponible en: <http://www.ijesd.org/vol7/749-A707.pdf>

ULLAURI, Aquiles; FRIEND, Nella y BARZOLA, Julio. Physical-mechanical analysis of asphalt mortars made from recycled materials. [en línea]. vol.10, n.1. 2018. 10 pp. Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/sh6w>

ISSN: 2218-3620.

VALENCIANA DE ALUMINIOS, Cobres y plásticos S.A. [en línea]. Ficha Técnica, 2016 en Valencia-España, 1 pp. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/wdpm>

VILA, Rolando y JARAMILLO, José. Incidence of the use of polymers as modifiers of the asphalt. Rev. Lasallista Investig. [en línea]. vol.15, n.2. 2018. 12 pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/wzu9>

ISSN: 1794-4449

WAN, Mohd y ACHMAD Abul. Green Pavement using recycled polyethylene terephthalate (PET) as partial fine aggregate replacement in modified asphalt. Revista SciVerse ScienceDirect. [en línea]. Procedia Engineering 53, 124 – 128. 2013. 5 pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/cbp78>

ZAVALA, Guillermo. Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado [en línea]. 1ª ed. Santa Tecla, El Salvador. 2015. 49 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/ueb37>

ISBN: 978-99961-50-23-4

ZUBEIDA, Miluska. Análisis de la incorporación del Pet y Pead en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Chimbote, 2017.132 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10227>

Zúñiga, Rosa. Mezcla asfáltica en caliente [en línea]. Laboratorio de vialidad. Artículo de investigación. 2015. 26 pp. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2019].

Disponible en: <https://n9.cl/0abc1>

## ANEXO 1- MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 17: Matriz de operacionalización de variables

Título: "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole Polietileno de tereftalato en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25%"					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE	El PET es un elemento muy estable, así mismo es inmune al ataque de microorganismos, no es biodegradable, no genera reacción alguna con diferentes sustancias, es ligero, reciclable en su totalidad, lo cual lo hace apto para ser usado en el rubro de construcción civil. (Arteaga, 2018)	La adición del PET en la mezcla asfáltica se realizará en base a las características de las partículas, como su % de impurezas, peso específico, granulometría y dosificación.	Partículas PET	% de impurezas	Razón
POLIETILENO DE TEREFTALATO				Peso específico	
				Granulometría	
			Dosificación	0% PET	Razón
0.75% PET					
1.00% PET					
1.25%PET					
VARIABLE DEPENDIENTE		Protocolos		Gravedad específica	

	<p>Es el grupo de funciones y reacciones que tiene un asfalto en caliente al entrar en contacto con fuerzas externas (Menéndez, 2006, p.85).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos MTC E 204 (ASTM C136-06)</li> <li>• Contenido de humedad total de los agregados por secado MTC E 215 (ASTM D-2216)</li> <li>• Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C-127)</li> <li>• Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C-127)</li> <li>• Durabilidad al sulfato de magnesio MTC E 209</li> <li>• Abrasión los Ángeles MTC E 207</li> <li>• Partículas chatas y Alargadas ASTM 4791</li> <li>• Caras fracturadas MTC E 210</li> <li>• Índice de plasticidad MTC E 111</li> <li>• Equivalente de arena MTC E 114</li> <li>• Ensayo Químico</li> <li>• Ensayo Marshall MTC E 504 – AASHTO T-245(ASTM D-1559)</li> </ul>	<p>Características Volumétricas</p>		<p>Razón</p>
<p>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE</p>				<p>Huecos en árido</p>	
			<p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Durabilidad</p>	<p>Razón</p>
				<p>Estabilidad</p>	
				<p>Resistencia a la fatiga</p>	
				<p>Adhesión - cohesión</p>	
				<p>Susceptibilidad a la temperatura</p>	

Fuente: Propio

# ANEXO 2 - MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES SECCION E – 504 (PROTOCOLOS)



PERÚ  
Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

## MTC E 504

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

#### 1. OBJETO

1.1 Determinar a partir de la preparación y compactación de especímenes de mezcla bituminosa para pavimentación, de altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro, el diseño de una mezcla asfáltica y calcular sus diferentes parámetros de comportamiento, por medio del método manual Marshall.

#### 2. FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este modo operativo está destinado para su empleo con mezclas densas bituminosas de laboratorio y aquellas producidas en planta, con agregados hasta de 25 mm de tamaño máximo y para recompactación de muestras de pavimentos asfálticos.

2.2 Los especímenes de mezclas bituminosas compactadas, moldeadas por este procedimiento son empleados para varios ensayos físicos tales como estabilidad, flujo, resistencia a tracción indirecta y módulos. El análisis de densidad y vacíos también es conducido sobre especímenes para diseño de mezcla y evaluación de la compactación en campo.

**Nota 1.** Las mezclas no compactadas son empleadas para la determinación del peso específico teórico máximo.

2.3 Los valores de estabilidad Marshall y flujo junto con la densidad, vacíos de aire de la mezcla total, vacíos en el agregado mineral ó simplemente vacíos ó ambos, llenados con asfalto; son empleados para el diseño de mezclas en laboratorio, así como para la evaluación de mezclas asfálticas. Así también la estabilidad y flujo Marshall pueden ser empleados para monitorear los procesos de producción de mezclas bituminosas en planta. También pueden ser empleados como referencia para evaluar diferentes mezclas y los efectos de acondicionamientos tales como con agua.

2.4 La estabilidad y flujo Marshall son características de las mezclas bituminosas determinadas a partir de especímenes compactados de una geometría específica y en una manera prescrita.

La estabilidad Marshall es la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga. La magnitud de la estabilidad Marshall varía con el tipo y gradación del agregado y grado del bitumen empleado, así como su cantidad. Varias agencias establecen criterios para los valores de la estabilidad Marshall. El flujo Marshall es una medida de la deformación de las mezclas bituminosas determinado durante el ensayo de estabilidad. No existe un valor ideal, pero hay límites aceptables. Si el flujo en el contenido óptimo de asfalto sobrepasa el límite superior, la mezcla se considera demasiado plástica ó inestable, y si está bajo el límite inferior esta se considera demasiado rígida.

2.5 Para propósitos de diseño de mezcla los resultados de los ensayos de estabilidad y flujo deberán consistir del promedio de un mínimo de 03 especímenes por cada incremento de contenido de ligante, donde el contenido de ligante varía en incrementos de 0,5% sobre un rango de contenido de ligante. El rango de contenido de ligante generalmente es seleccionado en base a la experiencia y datos históricos de los materiales componentes, pero puede incluir también juicio y error para incluir el rango deseable de las propiedades de la mezcla. Las mezclas densas generalmente mostrarán un pico en la estabilidad a un determinado contenido de ligante. Este pico en el contenido de ligante puede ser promediado con otros contenidos de ligante tal como el contenido de ligante en el contenido de la máxima densidad de la curva ligante-densidad y el contenido de ligante en los vacíos de aire deseados y vacíos llenados.



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

- 2.6 La estabilidad y flujo Marshall efectuados en laboratorio de campo, obtenida de especímenes hechos de mezclas producidas en planta pueden variar significativamente de los valores de diseño obtenido en el laboratorio debido a las diferencias del mezclado que hay entre una planta y la efectuada en laboratorio. Esto también incluye la eficiencia en el mezclado y el envejecimiento producido.
- 2.7 Las diferencias significativas en la estabilidad y flujo Marshall de un grupo de ensayos a otro ó de un valor promedio de un grupo numerosos de datos ó especímenes preparados de una mezcla producida en planta puede indicar pobre mezclado, técnicas incorrectas de ensayo, cambio de gradación, cambio del contenido de ligante, ó mal funcionamiento del proceso de planta. La fuente de la variación deberá ser averiguada y el problema resuelto.
- 2.8 Los especímenes a menudo serán preparados empleando el método indicado aquí, pero pueden ser preparados empleando otros tipos de procedimientos de compactación. Otros tipos de compactación pueden hacer variar las características de resistencia en comparación con los preparados por el método Marshall.
- 2.9 Los valores de estabilidad y flujo Marshall pueden ser determinados también empleando núcleos provenientes de un pavimento para información y evaluación. Sin embargo, estos resultados no pueden ser comparados con resultados de especímenes preparados en laboratorio y no deberán ser empleados para propósitos de especificación ó aceptación.

### 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM-D6926: "Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus".  
3.2 ATM D 6927: "Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures".

### 4. EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

#### 4.1 EQUIPOS PARA LA PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES

- 4.1.1 Molde ensamblado para Especímenes, moldes cilíndricos, placas de base y collarines de extensión cumplirán con los detalles mostrados en la Figura 1.
- 4.1.2 Extractor de Especímenes, Tendrá un disco de acero que encajará en el molde sin doblarse y no será menor de 100 mm de diámetro y 12,5 mm de espesor. El disco de acero es empleado para extraer los especímenes compactados de los moldes con el uso del collar del molde. Cualquier dispositivo adecuado de extracción tal como una gata hidráulica puede ser empleado, de tal manera que el espécimen no se deforme durante el proceso de extracción.

#### 4.1.3 Martillos de Compactación:

- 4.1.3.1 Martillos de Compactación con manubrio sostenido manualmente (tipo 1) ó manubrio fijo (Tipo 2), ya sea operado mecánicamente ó a mano como se muestra en la Figura 2, tendrá un pie de compactación plano con un tornillo y una masa deslizante de  $4,54 \pm 0,01$  kg con caída libre de  $457,2 \pm 1,5$  mm (ver la Figura 2 para tolerancias en los martillos). Un martillo mecánico se muestra en la Figura 2.

**Nota 2.** Los martillos manuales de compactación deberán ser equipados con una protección de seguridad para los dedos.

- 4.1.3.2 Martillo de Compactación con Manubrio Fijo, con sobrecarga en la parte superior del manubrio, base de rotación constante y operado mecánicamente (Tipo 3), deberá tener la cara circular de apisonado y un peso deslizante de  $4,54 \pm 0,01$  kg con una caída libre de  $457,2 \pm 1,5$  mm. Posee un mecanismo de rotación en la base. La velocidad de rotación de la base y la razón de golpes será de 18 a 30 rpm y  $64 \pm 4$  golpes por minuto respectivamente. **Nota 3.** El aparato para martillo Marshall tipo 3 está disponible en versiones con más de un martillo. La operación múltiple de varios martillos afectará



arativos se obtendrán compactando todos los especímenes con el mismo martillo y sin la operación de ningún otro.

- 4.1.3.3 Pedestal de Compactación, Consistirá de un poste de madera de 203,2 por 203,2 mm, aproximadamente de 457 mm de largo cubierto con una placa de acero aproximadamente de 304,8 mm por 304,8 mm y 25,4 mm de grosor. Este podrá ser de roble, pino amarillo u otra madera que tenga un promedio de densidad de 670 a 770 kg/m<sup>3</sup>. El poste de madera estará asegurado por pernos a través de 4 ángulos a un bloque de concreto. La placa de acero deberá estar firmemente fijada al poste. El pedestal ensamblado será instalado de tal manera que el poste esté a plomo y la placa nivelada.
- 4.1.3.4 Sostén de Molde para Espécimen, En compactadores de martillo simple, el sostén estará montado sobre el pedestal de compactación de tal manera que el molde de compactación quede centrado con el pedestal de compactación. Los sostenedores de moldes de compactadores multimartillos necesariamente no estarán centrados. Los sostenedores mantendrán el molde de compactación, el collar y la placa de base asegurados y en posición durante la compactación del espécimen.
- 4.1.3.5 Hornos, cacerolas para calentado ó placas calentadoras, Los hornos serán de aire circulante ó termostáticamente controlados, las cacerolas de calentamiento y las placas calentadoras serán proveídos para calentar los agregados, el material bituminoso, los moldes de especímenes, martillos de compactación y otros equipos a 30°C de las temperaturas requeridas para el mezclado y la compactación. Protecciones adecuadas ó baños de arena se emplearán sobre la superficie de las placas calentadoras para minimizar el sobrecalentamiento local.
- 4.1.4 Molde ensamblado para Especímenes, moldes cilíndricos, placas de base y collarines de extensión cumplirán con los detalles mostrados en la Figura 1.
  - 4.1.4.1 Aparatos de Mezclado, Se recomienda el mezclado mecánico. Cualquier tipo de mezclador mecánico puede ser empleado siempre y cuando la mezcla se mantenga a la temperatura de mezclado requerida y se produzca una mezcla homogénea y bien cubierta en la cantidad requerida y en un tiempo pertinente, así también que permita que toda la mezcla sea recuperada. Una bandeja de metal ó bolo de suficiente capacidad para el mezclado a mano puede ser empleado.
  - 4.1.4.2 Contenedores para Calentamiento de Agregados, Bandejas de metal de fondo plano, ú otros adecuados.
  - 4.1.4.3 Contenedores cubiertos para calentar material bituminoso, ya sean latas tipo gill, vasos, potes de vaciado ú otras bandejas podrán ser empleadas.
  - 4.1.4.4 Herramientas de mezclado, consistirán de cucharones de acero (cucharón de punta Mason con la punta redondeada), cucharas ó espátulas para batido y mezclado a mano.
  - 4.1.4.5 Termómetros calibrados, Para determinar temperaturas de agregados, bitumen y mezclas bituminosas. Termómetros del tipo de vidrio ó de dial con armazones de metal se recomiendan. Se requieren en un rango de 10 a 200 °C con sensibilidad de 3°C.
  - 4.1.4.6 Balanza, con aproximación al menos de 0,1 g para las bachadas de mezcla.
  - 4.1.4.7 Guantes, para maniobrar el equipo caliente.
  - 4.1.4.8 Crayones de marcado, para identificar los especímenes.
  - 4.1.4.9 Cucharón de base plana para bache los agregados.
  - 4.1.4.10 Cuchara larga para colocar la mezcla en el molde de especímenes.
- 4.2. EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO
  - 4.2.1 Cabezal de Ruptura (ver Figura 3)
  - 4.2.2 Máquina de Carga a Compresión (ver Figura 4).



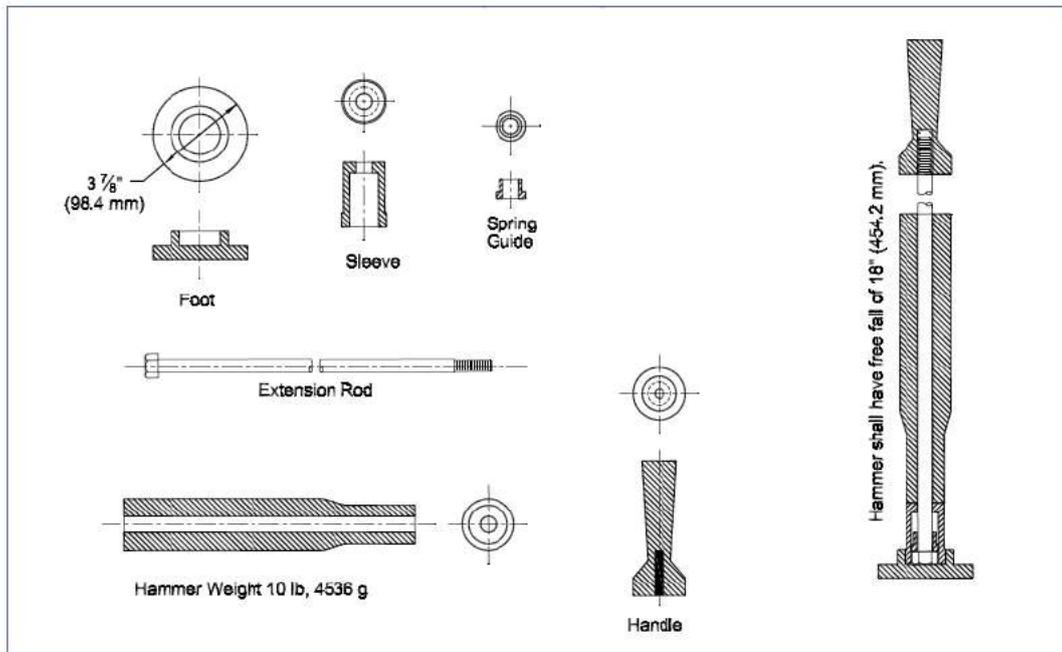


Figura 2. Martillo de Compactación

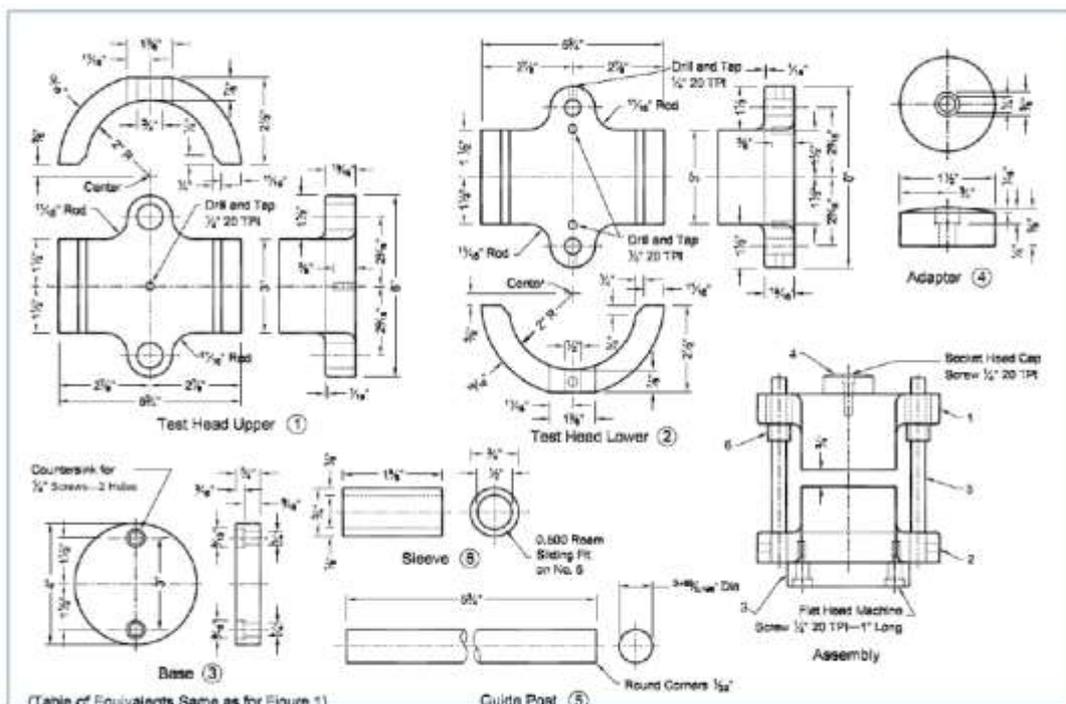


Figura 3. Cabezal de Rotura

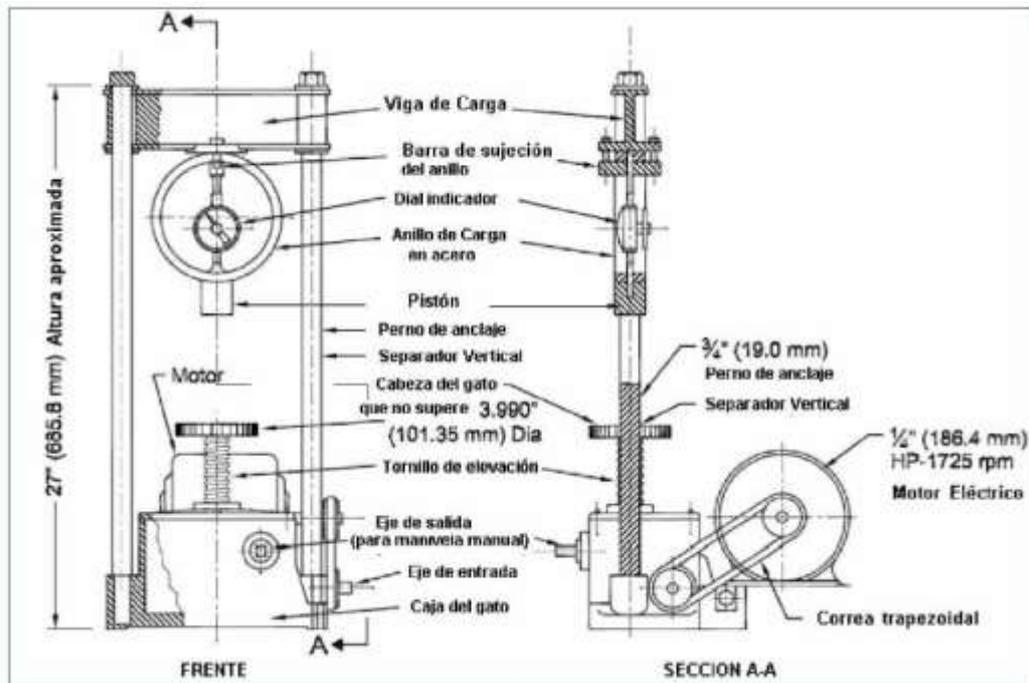


Figura 4. Máquina de Carga a Compresión

## 5. MUESTRA

5.1 No existe información al respecto para este método.

## 6. PROCEDIMIENTO

6.1 Especímenes de Ensayo.

6.1.1 Preparación de Agregados, Secar los agregados a peso constante. El secado en horno será hecho de 105 °C a 110 °C. Después del secado, separa los agregados por tamizado en seco en las fracciones deseadas. Las fracciones mínimas siguientes son las recomendadas:

25 a 19 mm (1 a ¾ pulg)

19 a 12,5 mm (¾ a ½ pulg)

12,5 a 9,5 mm (½ a 3/8 pulg)

9,5 a 4,75 mm (3/8 a N°4)

4,75 a 2,36 mm (N°4 a N°8)

2,36 mm (pasante la N°8)

6.1.2 Determinación de temperaturas de mezcla y compactación:

6.1.2.1 El cemento asfáltico empleado en preparar las muestras será calentado para producir viscosidades de  $0,17 \pm 0,02$  Pa.s y  $0,28 \pm 0,03$  Pa.s para mezclado y compactado respectivamente. Un ejemplo de una carta viscosidad temperatura se da en la Figura 2 de D 2493.

**Nota 4.** La selección de las temperaturas de compactación y mezclado a viscosidades de  $0,17 \pm 0,02$  Pa.s y  $0,28 \pm 0,03$  Pa.s, respectivamente no aplican a asfaltos modificados. El usuario contactará con el productor para establecer los rangos apropiados de temperaturas de compactación y mezclado.



- 6.1.2.2 Mezclas con Asfaltos Cut back,** La temperatura a la cual un asfalto cut back será calentado para producir una viscosidad de 0,17 a 0,02 Pa.s será la temperatura de mezcla. La temperatura de compactación para mezcla de asfalto cut back se selecciona empleando una carta viscosidad versus porcentaje de solvente para asfaltos cut back. De la carta compuesta determine el porcentaje de solvente del asfalto cut back por peso a partir de su viscosidad a 60°C después que este haya perdido el 50% de su solvente (para asfaltos de curado medio y rápido) ó 20% de su solvente (para asfaltos de curado lento). La temperatura de compactación se determina de la carta viscosidad temperatura como aquella a la cual el asfalto cut back debe ser calentado para producir una viscosidad de  $0,28 \pm 0,03$  Pa.s después de la pérdida de la cantidad especificada de solvente original.
- 6.1.2.3 Mezclas de Pavimentación Recompactadas,** Los materiales obtenidos de un pavimento existente serán calentados en recipientes cubiertos en horno a 3°C de la temperatura de compactación deseada. El calentamiento durará lo suficiente como para obtener la temperatura deseada. Si la temperatura de compactación para una mezcla específica no se conoce, la experiencia ha mostrado que estas mezclas serán compactadas una temperatura entre 120 °C a 135 °C. Durante la preparación para el calentamiento a temperatura de compactación el material será calentado y trabajado hasta una condición de mezcla suelta. Cualquier agregado roto podrá ser removido. La estabilidad de mezclas recalentadas y recompactadas de pavimentos existentes es común que sea más alta que la original debido al endurecimiento del asfalto en servicio. El proceso de recalentamiento solo tendrá una menor influencia en el endurecimiento del asfalto.
- 6.1.3 Preparación de la Mezcla**
- 6.1.3.1** Los especímenes podrán ser preparados de bachadas solas ó de bachadas múltiples que contengan suficiente material para tres ó cuatro especímenes.
- 6.1.3.2** Pesar en contenedores separados la cantidad de cada fracción de agregado requerida para producir una bachada que resultará en una, dos, tres o cuatro especímenes compactados de  $63,5 \pm 2,5$  mm de altura (cerca de 1200, 2400, 3600 ó 4800 g respectivamente). Colocar los agregados de las bachadas en contenedores sobre una placa de calentamiento ó en horno y calentar a temperatura por encima de, pero sin exceder la temperatura de mezcla establecida en 6.1.2 por más de 28 °C para mezclas con cemento asfáltico y brea y 14 °C para mezclas con asfaltos cut back. Cargar el contenedor de la mezcla con el agregado caliente y mezclar en seco con cuchara (por 5 s, aprox.) con cuchara ó pala. Formar un cráter en el agregado mezclado seco y pese la cantidad requerida de material bituminoso a la temperatura de mezcla dentro de la mezcla. Para mezclas preparadas con asfaltos cut back introducir la espátula en el bowl de mezclado y determinar el peso total de los componentes de la mezcla más el bowl y la espátula antes de proceder con el mezclado. Se debe ejercer cuidado para prevenir la pérdida de la mezcla durante el mezclado y el subsecuente manipuleo. En este punto la temperatura de la mezcla deberá estar entre los límites de aquella determinada en 6.1.2. Mezclar los agregados y el material bituminoso rápidamente hasta que estén cubiertos totalmente por 60 s para bachadas simples y por 120 s para bachadas para especímenes múltiples.
- 6.1.3.3** Acondicionar las bachadas simples en contenedores de metal cubiertos en horno a 8 °C a 11 °C por encima de la temperatura de compactación establecida en 6.1.2 para un mínimo de 1 h y máximo de 2 h.
- 6.1.3.4** Para muestras de múltiples bachadas, colocar la bachada total en una superficie limpia no absorbente. Mezcle a mano para asegurar uniformidad y cuartear a un tamaño de muestra para conformar el espécimen de altura requerida. Para cementos asfálticos y alquitrán poner las muestras en contenedores de metal cubiertos y en un horno ventilado a la temperatura establecida en 6.1.3.2



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

para acondicionarlos por espacio mínimo de 1 h y máximo de 2 h. Curar la mezcla de asfalto cut back en el bowl de mezclado en un horno ventilado mantenido aproximadamente a 11 °C por encima de la temperatura de compactación. El curado debe ser continuado en el bowl de mezclado hasta una pérdida precalculada de 50% en peso del solvente. La mezcla puede ser batida en el bowl de mezclado durante el curado para acelerar la pérdida de solvente. Sin embargo, se debe tener cuidado para prevenir la pérdida de mezcla. Pesar la mezcla durante el curado intervalos consecutivos de 15 min inicialmente y menos de 10 min conforme se aproxima al peso de la mezcla con el 50% de pérdida de solvente.

6.1.3.5 Otros materiales bituminosos ó producidos en planta pueden requerir técnicas especiales de curado. **Nota 5.** Calentar las mezclas por un período de tiempo antes de la compactación puede resultar en especímenes que tengan propiedades diferentes de aquellos que son compactados inmediatamente después de su mezclado (el criterio Marshall Original está basado en un procedimiento sin curado).

6.1.4 Compactación de los Especímenes:

6.1.4.1 Limpiar completamente el molde ensamblado y la cara del martillo de compactación y calentarlos ambos en agua hirviendo en horno ó en una placa calentadora a temperatura entre 90 y 150 °C. Colocar un pedazo de papel no absorbente cortado del tamaño de la base del molde antes de introducir la mezcla. Colocar la mezcla en el molde, chusear vigorosamente la mezcla con una espátula calentada 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior. Colocar otra pieza de papel no absorbente para que encaje en la parte superior de la mezcla. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación deberá estar entre los límites de las temperaturas de compactación establecida en 6.1.2.

6.1.4.2 Colocar el molde ensamblado en el pedestal de compactación con el sujetador y aplicar el número requerido de golpes con el martillo especificado de compactación. Remover la placa de base y el collar y voltear y reensamble el molde. Aplicar el mismo número de golpes de compactación en la cara reversa del espécimen. Después de la compactación, remover el collar y la placa de base. Permitir que el espécimen se enfríe lo suficiente para prevenir algún daño y extraer el espécimen de su molde. El enfriar los especímenes en el molde puede ser facilitado por su inmersión en agua fría. Para facilitar la extracción, el molde y el espécimen pueden ser brevemente sumergido en agua en un baño de agua caliente para calentar el molde de metal y reducir la distorsión del espécimen. Cuidadosamente transfiera el espécimen a una superficie suave y plana y permita que se enfríe a temperatura de sala (puede ser toda la noche). Se puede emplear también un ventilador para facilitar el enfriado.

6.1.4.3 Cuando se lleva a cabo la compactación con el martillo operado manualmente, coger el eje del martillo con la mano tan cerca de la perpendicular de la base del molde ensamblado como sea posible. En este procedimiento original Marshall ningún aparato mecánico de cualquier tipo debe ser empleado para restringir el manubrio del martillo en posición vertical durante la compactación.

**Nota 6.** El vástago del martillo debe ser limpiado y aceitado ligeramente.

6.1.5 Ensayo de Estabilidad y Flujo.

6.1.5.1 Se ensayarán un mínimo de 03 especímenes que tendrán el mismo tipo de agregado, calidad y gradación, el mismo tipo y cantidad de filler, y la misma fuente de ligante, grado y cantidad. Además tendrán la misma preparación: temperatura, compactación y enfriamiento.

6.1.5.2 Los especímenes deberán enfriarse a temperatura ambiente después de la compactación. Durante el enfriamiento serán colocados sobre una superficie suave y plana. Se determinará el peso específico bulk de cada espécimen por el método D2726. Los pesos específicos bulk de los



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

entro de  $\pm 0,020$  del promedio tal como se

6.1.5.3 Medir el espesor de los especímenes de acuerdo a MTC E 507.

6.1.5.4 Los especímenes podrán acondicionarse para su ensayo tan pronto alcancen la temperatura ambiente. Los ensayos se completarán dentro de las 24 h de haberse compactado los especímenes. Llevar los especímenes a la temperatura especificada por inmersión en agua de 30 a 40 min. Ó colocarlos en horno de 120 a 130 min.

6.1.5.5 Mantener el baño u horno a  $60 \pm 1$  °C para cemento asfáltico,  $49 \pm 1$  °C para alquitrán con caucho y  $38 \pm 1$  °C para alquitrán.

6.1.5.6 Llevar los especímenes preparados con asfalto líquido a temperatura colocándolos en el baño de aire por 120 a 130 min. Mantener el baño de aire a  $25 \pm 1$ °C.

6.1.5.7 Limpiar completamente las líneas guías y el interior de las superficies del cabezal antes de ejecutar el ensayo. Lubricar las líneas guías de tal manera que el segmento superior del cabezal se deslice libremente sobre ellas. El cabezal deberá estar a temperatura de 20 a 40 °C. Si se emplea el baño de agua, limpiar el exceso de agua del interior de los segmentos del cabezal.

6.1.5.8 Remover un espécimen del agua, horno ó baño de aire (en caso del baño de agua remover el exceso con una toalla) y colocarlo en el segmento inferior del cabezal. Colocar el segmento superior sobre el espécimen y colocar el conjunto completo en la máquina de carga. Si se usa, colocar el flujómetro en posición sobre una de las líneas guías y ajustarlo acero mientras se sostiene firmemente contra el segmento superior del cabezal mientras el ensayo se está ejecutando. El tiempo desde la remoción del espécimen del baño a la determinación de la carga máxima no debe exceder los 30 segundos. Aplicar la carga al espécimen por medio de una razón constante de 50 mm/min. Hasta que la carga decrezca según lo indique el dial de carga. Registrar la máxima carga indicada en la máquina de carga ó convertirla de la lectura máxima del dial micrómetro como estabilidad Marshall. Liberar el flujómetro ó anotar la lectura del dial micrómetro en el instante en que la máxima carga empieza a decrecer. El valor del flujo normalmente se da en unidades de 0,25 mm. Este procedimiento pueda que requiera de dos personas para conducir el ensayo y registrar los datos.

## 7. CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

7.1.1 Los especímenes moldeados en laboratorio deberán satisfacer los requerimientos de espesor de  $63,5 \pm 2,5$  mm. Los especímenes dentro de la tolerancia de espesor pueden ser corregidos basados en el volumen del espécimen. Las estabilidades determinadas en núcleos extraídos de campo con amplios rangos de variación de espesor también serán corregidas. Sin embargo, los resultados con correcciones mayores deberán ser empleados con precaución. Ver la tabla 1 para los factores de corrección. La razón de correlación es empleada de la siguiente manera:

$$A = B \times C$$

Donde:

A = Estabilidad corregida.

B = Medida de la estabilidad (carga).

C = Razón de correlación de la tabla 1.

### 7.2 INFORME

7.2.1 Identificación de la muestra (número, si es mezcla de laboratorio ó de planta ó núcleo del pavimento).

7.2.2 Tipo de material bituminoso, fuente y grado.

7.2.3 Tipos de agregado, fuente y gradación.

7.2.4 Tipo y tiempo de curado antes de la compactación.

7.2.5 Tipo de martillo (sostenido manualmente, ó fijo, mecánicamente ó manualmente operado, pie de



7.2.7 Temperatura de mezclado.

7.2.8 Temperatura de Compactación.

7.2.9 Tipo y tiempo de curado.

7.2.10 Peso específico bulk individual y promedio.

7.2.11 Altura de cada espécimen de prueba en milímetros aproximación de 0,25 mm.

7.2.12 Valores individuales y promedio de la estabilidad Marshall (corregidos y sin corregir, si se requiere) aproximación de 50 N.

7.2.13 Valores individuales y promedio del flujo Marshall en unidades de 0,25 mm.

7.2.14 Temperatura del Ensayo de estabilidad y flujo.

**TABLA 1. Factores de Estabilidad de Correlación <sup>A</sup>**

Volumen del espécimen. cm <sup>3</sup>	Espesor del espécimen <sup>B</sup>		Razón de la Correlación
	mm	Pulg	
200 - 213	25,4	1,00 (1)	5,56
214 - 223	27	1,06 (1 1/16)	5
226 - 237	28,6	1,12 (1 1/8)	4,55
238 - 250	30,2	1,19 (1 3/16)	4,17
251 - 264	31,8	1,25 (1 1/4)	3,81
265 - 276	33,3	1,31 (1 5/16)	3,57
277 - 289	34,9	1,38 (1 3/8)	3,33
290 - 301	36,5	1,44 (1 7/16)	3,03
302 - 316	38,1	1,50 (1 1/2)	2,78
317 - 328	39,7	1,56 (1 9/16)	2,5
329 - 340	41,3	1,62 (1 5/8)	2,27
341 - 353	42,9	1,69 (1 11/16)	2,09
354 - 367	44,4	1,75 (1 3/4)	1,92
368 - 379	46	1,81 (1 13/16)	1,79
380 - 392	47,6	1,88 (1 7/8)	1,67
393 - 405	49,2	1,94 (1 15/16)	1,59
406 - 420	50,8	2,00 (2)	1,47
421 - 431	52,4	2,06 (2 1/16)	1,39
432 - 443	54	2,12 (2 1/8)	1,32
444 - 456	55,6	2,19 (2 3/16)	1,25
457 - 470	57,2	2,25 (2 1/4)	1,19
471 - 482	58,7	2,31 (2 5/16)	1,14
483 - 495	60,3	2,38 (2 3/8)	1,09
496 - 508	61,9	2,44 (2 7/16)	1,04
509 - 522	63,5	2,50 (2 1/2)	1
523 - 535	65,1	2,56 (2 9/16)	0,96
536 - 546	66,7	2,62 (2 5/8)	0,91
547 - 559	68,3	2,69 (2 11/16)	0,89
560 - 573	69,9	2,75 (2 3/4)	0,86
574 - 585	71,4	2,81 (2 13/16)	0,83
586 - 598	73	2,88 (2 7/8)	0,81
599 - 610	74,6	2,94 (2 15/16)	0,78
611 - 626	76,2	3,00 (3)	0,76

<sup>A</sup> Mide la estabilidad del espécimen multiplicado por la relación para el espesor de la muestra es igual a la estabilidad corregida para 2." (63,5 mm) del espécimen.

<sup>B</sup> La relación Volumen-espesor se basa en un diámetro de la probeta de 4" (101,6 mm)

## 8. PRECISIÓN Y DISPERSIÓN

### 8.1 PRECISIÓN

No se aplica una regla de precisión para esta práctica. Los especímenes deberán ser aceptados ó rechazados por otros ensayos basados en requerimientos del criterio que está siendo aplicado. Para la

determinación de la estabilidad y flujo Marshall de acuerdo a la Práctica D 6926, emplee solo aquellos especímenes replicados que tienen peso específico bulk dentro de  $\pm 0,02$  de su promedio. Nota 7. Para dos especímenes preparados por laboratorios participantes en un programa de ensayo AMRL, un solo operador 1s y la diferencia aceptable de dos resultados, d2s, para el peso específico bulk fue de 0,007 y 0,020 respectivamente. Los resultados de estos ensayos se encuentran disponibles como un reporte de investigación.

## PROTOCOLOS PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (MTC EG SECCIÓN 423)

### SECCIÓN 423 – PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE

#### Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la Tabla 423-03. Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Tabla N° 18: Gradación de los agregados

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.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: MTC- Sección 423

#### a) Filler o polvo mineral

El Filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, que deberá cumplir la norma AASHTO M-303.

La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshall.

#### b) Cemento asfáltico

El Cemento Asfáltico deberá cumplir con lo especificado en la Subsección 415.02 (b) y los equivalentes al PG (Grado de Comportamiento-AASHTO

#### c) Fuentes de provisión o canteras

Se aplica lo indicado en la Subsección 415.04. Adicionalmente el Supervisor deberá aprobar los yacimientos de los agregados, relleno mineral de aportación y cemento asfáltico, antes de procederse a la entrega de dichos materiales.

### REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS Y LA MEZCLA

Tabla N° 19: Requerimientos para los agregados gruesos

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% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: MTC EG-2013 tabla 423-01

Tabla N° 20: Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.° 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.° 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.

Fuente: MTC EG-2013 tabla 423-02

Tabla N° 21: Requisitos para mezcla de concreto 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	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
<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 Mín.		

Fuente: MTC EG-2013 tabla 423-06

Tabla N° 22: Criterios de diseño Marshall

**Tabla 1.2**  
**Criterio de diseño de mezclas Marshall**

Método Marshall	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		carpeta y base		carpeta y base	
Criterio de mezcla	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75	
Estabilidad, (N) (lb)	3336		5338		8006	
	750	---	1200	---	1800	---
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en los agregados minerales	Ver Tabla 2.2					
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

**Tabla 1.3**  
**Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)**

Máximo tamaño de partícula nominal		Porcentaje mínimo VMA		
		Porcentaje diseño vacíos de aire		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	No.16	21.5	22.5	23.5
2.36	No.8	19.0	20.0	21.0
4.75	No.6	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8.	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2.	13.0	14.0	15.0
19	3/4.	12.0	13.0	14.0
25	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0

Fuente: MTC EG-2013 tabla 423-06

**ANEXO 3 - MATRIZ DE CONSISTENCIA**

*Tabla N° 23: Matriz de consistencia*

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>¿Serán las deficientes propiedades mecánicas de los asfaltos las causantes de que la carpeta de rodadura no cumpla su vida útil ocasionando gastos inmensos en mantenimientos?</p> <p>¿Cómo reducir la contaminación ambiental generada por el PET (botellas de plástico) ?</p>	<p><b>Objetivo General</b>                      Determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole 0.75 %, 1% y 1.25% de PET.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>                      Determinar las propiedades físicas del Polietileno de tereftalato (PET-botellas de plástico).                      Determinar la estabilidad y flujo en la mezcla asfáltica.                      Determinar las características volumétricas en la mezcla asfáltica.                      Determinar el porcentaje de polietileno de tereftalato óptimo que mejorara las propiedades mecánicas del asfalto.</p>	<p>El adicionar PET en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25% a la mezcla asfáltica mejorará las propiedades mecánicas del asfalto.</p>	<p><b>Variable independiente</b>                      Polietileno de tereftalato</p> <p><b>Variable dependiente</b>                      Propiedades mecánicas del asfalto en caliente</p>	<p><b>Indicadores</b></p> <p>a) Polietileno de tereftalato</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adición de 0.75% PET.</li> <li>• Adición de 1% PET.</li> <li>• Adición de 1.25% PET.</li> </ul> <p>b) Propiedades mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durabilidad</li> <li>• Estabilidad</li> <li>• Resistencia a la fatiga</li> <li>• Cohesión y adhesión</li> <li>• Susceptibilidad a la temperatura</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia*

# ANEXO 4 - INFORME DE LABORATORIO

## ENSAYOS - AGREGADOS FINOS

		<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES, CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS, LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS					
OFICINA: MZ C LOTE 6 PP.B 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20504198640 CELULAR: 954877150 - 943417124 e-mail: wifred22@hotmail.com							
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 98							
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
<b>TESIS</b> *PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020*							<b>F. MUESTREO :</b> 06/09/20
<b>UBICACIÓN</b> DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH							<b>FECHA :</b> 06/09/20
<b>TESTISTAS</b> LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE							
<b>MUESTRA</b> CANTERA LA CARBONERA (C)							
TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RET. (gr)	RETENIDO		PASANTE (%)	ESPECIFICACIONES	
			PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200					Tamaño Máximo	: 3/16" pulg.
2 1/2"	63.500					Humedad	: 0.86 %
2"	50.800					Piedra	: %
1 1/2"	38.100					Arena	: 100.0 %
1"	25.400					Modulo de Fineza	: 2.25 -
3/4"	19.050					Malla 200	: 3.9 %
1/2"	12.700					Equiv. Arena	: 83 %
3/8"	9.525					Peso Especifico	: 2.604 gr/cm <sup>3</sup>
1/4"	6.350					Absorcion	: 3.01 %
No. 4	4.750				100.0	P. U. S	: 1489 kg/m <sup>3</sup>
No. 8	2.360	125.0	13.1	13.1	86.9	P. U. C	: 1642 kg/m <sup>3</sup>
No. 10	2.000					Sales solubles	: 0.02 %
No. 16	1.190	93.0	9.7	22.8	77.2	Durabilidad	: 11.66 %
No. 20	0.834					Abrasion Metodo D	: %
No. 30	0.600	201.9	21.1	43.9	56.1	Part. Chetas y Alarg.	: %
No. 40	0.420					Caras fracturadas	: %
No. 50	0.300	199.0	20.8	64.7	35.3	Indice de durabilidad	: -
No. 60	0.250						
No. 80	0.177						
No. 100	0.149	152.0	15.9	80.6	19.4	<b>PESO TOTAL (Gr) :</b>	<b>855.0</b>
No. 200	0.075	35.0	3.7	84.3	15.7	<b>SUCS :</b>	<b>SP</b>
-200		149.1					



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
**ING. WILSON J. ZEAYASANTOS**  
 CIP N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

#### METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108 ASTM D 2216

#### DATOS DE LA MUESTRA

TESIS	*PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020*	
UBICACIÓN	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	F. MUESTREO: 08/09/20
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE	FECHA: 09/09/20
MUESTRA	CANTERA LA CARBONERA (CHERO)	

#### DATOS

DESCRIPCION	UND.	MUESTRA. - 1	MUESTRA. - 2	MUESTRA. - 3	MUESTRA. - 4	PROMEDIO
Recipiente	N°	1				
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	900.00				
Recipiente + Suelo Seco	gr.	892.30				
Peso del Recipiente	gr.	0.00				
Peso del Agua	gr.	7.70				
Peso del Suelo Seco	gr.	892.30				
Humedad	%	0.86				0.86

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZEJAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ (N° 200)  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 202, ASTM C 117, AASHTO T 11

### DATOS DE LA MUESTRA

**TESIS** "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"

**UBICACIÓN** DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH **F. MUESTREO:** 08/09/20

**TESISTAS** LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO **FECHA:** 09/09/20

NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE

**MUESTRA** CANTERA LA CARBONERA (CHERO)

### DATOS

A	Peso de la muestra seca	827.8	(gr)
B	Peso de la muestra seca despues de lavado	795.3	(gr)

PASANTE N° 200

3.9 (%)

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR:954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### EQUIVALENTE DE ARENA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2418, AASHTO T 178

### DATOS DE LA MUESTRA

TESIS	*PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TE (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020*	
UBICACIÓN	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	F. MUESTREO: 08/09/20
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE	FECHA: 09/09/20
MUESTRA	CANTERA LA CARBONERA (CHERO)	

DESCRIPCION		IDENTIFICACION				Promedio %
		1	2	2		
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4)	(mm)	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		12:00	12:02	12:04		
Hora de salida de saturación (mas 10')		12:10	12:12	12:14		
Hora de entrada a decantación		12:12	12:14	12:16		
Hora de salida de decantación (mas 20')		12:32	12:34	12:36		
Altura máxima de material fino	(plg)	4.30	4.30	4.20		
Altura máxima de la arena	(plg)	3.60	3.50	3.50		
Equivalente de Arena	(%)	84	81	83	83	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954977150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

#### SALES SOLUBLES TOTALES

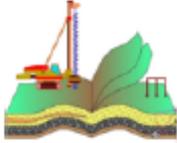
#### DATOS DE LA MUESTRA

TESIS	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO 0 (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"	
UBICACIÓN	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO	F. MUESTREO: 08/09/20
	0 NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE	FECHA: 09/09/20
MUESTRA	CANTERA LA CARBONERA (CHERO)	

MUESTRA ARENA		3	4	
Peso de Tara	(gr)	98.90	98.86	
Peso tara + agua + sal	(gr)	147.78	148.11	
Peso tara + sal	(gr)	98.91	98.87	
Peso sal	(gr)	0.010	0.010	
Peso agua	(gr)	48.87	49.24	
Sales solubles totales	(%)	0.020	0.020	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)				0.020

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC: 20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS  
NORMAS TÉCNICAS: ASTM C88, AASHTO T 104, MTC E 209

### DATOS DE LA MUESTRA

TESIS	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"	
UBICACIÓN	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	F. MUESTREO: 08/09/20
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE	FECHA: 09/09/20
MUESTRA	CANTERA LA CARBONERA (CHERO)	

TABLA 1 DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ	PESO REQUERIDO (gr)	TAMAÑO DEL ARIDO	GRANUL. ORIGINAL % RET.	PESO FRACCIÓN		PASANTE	PERDIDA TOTAL %	PERDIDA CORREGIDA %
				ANTES DEL ENSAYO (gr)	DESPUES DEL ENSAYO (gr)	DESPUES DEL ENSAYO (gr)		

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO									
3/8"	Nº 4	100	No 4	5.8	100.0	75.4	24.6	50.72	2.93
Nº 4	Nº 8	100	No 8	18.1	100.0	81.3	18.7	18.68	3.39
Nº 8	Nº 16	100	No 16	17.4	100.0	81.3	18.7	18.70	3.26
Nº 16	Nº 30	100	No 30	20.5	100.0	87.6	12.4	12.40	2.54
Nº 30	Nº 50	100	No 50	22.2	100.0	93.6	6.4	6.40	1.42
Nº 50	Nº 100	100	No 100	10.7	100.0	90.2	9.8	9.80	1.05
< Nº 100				61.0					
TOTALES				150.0	600	434.0			11.66

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

INDICE DE DURABILIDAD DE AGREGADOS  
NORMAS TÉCNICAS: ASTM D3744, AASHTO T 210, MTC E 214

### DATOS DE LA MUESTRA

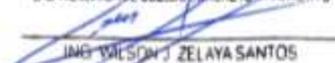
TESIS	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"	
UBICACIÓN	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	F. MUESTREO: 08/09/20
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO	FECHA: 09/09/20
0	NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE	
MUESTRA	CANTERA LA CARBONERA (CHERO)	

## INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

TAMAÑOS DE MALLAS			AGITACION DE MUESTRA	CONTENIDO DE AGUA DESTILADA (ml)	MUESTRA LATA (ml)
PASA	RETENIDO	PESO (gr)	(10 minutos)		

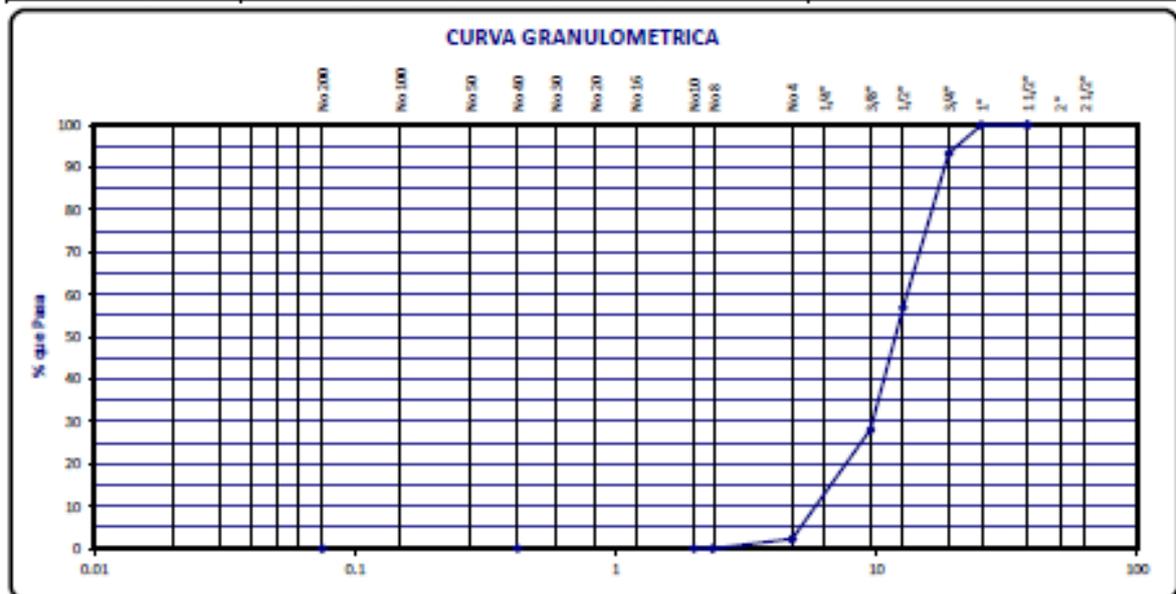
DESCRIPCION	IDENTIFICACION			
	N° DE ENSAYO	1	2	PROMEDIO
Hora de entrada a saturación		11:12	11:22	
Hora de salida de saturación (mas 10')		11:22	11:32	
Hora de entrada a decantación		11:34	11:44	
Hora de salida de decantación (mas 20')		11:54	12:04	
Altura máxima de la arcilla (pulg.0.1")		4.30	4.40	
Altura máxima de la arena (pulg.0.1")		3.20	3.30	
Indice de Durabilidad (Df = L.arena/L.arcilla*100 )		74.4	75.0	74.7

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

# ENSAYOS AGREGADOS GRUESOS

		<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES, CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS, LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS					
OFICINA: MZ. C LOTE 6, PP. JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC: 20694190640 CELULAR: 954577130 - 945417124 e-mail: wlltr022@hotmail.com							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMAS TÉCNICAS: NTC 6 107, ASTM D 420, AASHTO T 88							
DATOS DE LA MUESTRA							
TESIS: "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, AÑO 2020"							
UBICACIÓN: IDQUIERDO							
TESISISTAS: LÓPEZ CORTÉZ CARLOS ARMANDO NONATO CRUZALDEGUI BRAYAN ANDRÉ		F. MUESTREO : 06/06/20 FECHA : 06/06/20					
MUESTRA: CANTERA PANCHO MEDINA (HUAMBACHO)							
TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RET. (gr)	RETENIDO ACUMULADO		PASANTE (%)	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)			
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						Tamaño Máximo : 1" pulg.
2"	50.800						Humedad : 0.70 %
1 1/2"	38.100				100.0		Piedra : 97.7 %
1"	25.400				100.0		Arena : 2.3 %
3/4"	19.050	661.0	6.7	6.7	93.3		Modulo de Fineza : 6.8 -
1/2"	12.700	3578.0	36.4	43.1	56.9		Malla 200 : -- %
3/8"	9.525	2825.0	28.8	71.9	28.1		Equiv. Arena : -- %
1/4"	6.350						Peso Especifico : 2.613 gr/cm <sup>3</sup>
No. 4	4.760	2535.0	25.8	97.7	2.3		Absorcion : 2.47 %
No. 8	2.360	218.0	2.2	100	0.0		P. U. S : 1345 kg/m <sup>3</sup>
No. 10	2.000						P. U. C : 1491 kg/m <sup>3</sup>
No. 16	1.190						Sales solubles : 0.01 %
No. 20	0.834						Durabilidad : %
No. 30	0.600						Abrasion : 10.8 %
No. 40	0.420						Part. Chatas y Alarg : 4.75 %
No. 50	0.300						Caras fracturadas : 97.4 %
No. 60	0.250						Indice de durabilidad : -- -
No. 80	0.177						
No. 100	0.149						PESO TOTAL (Gr) : 9817.0
No. 200	0.075						SUCS : GW
-200							



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

#### METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108 ASTM D 2216

#### DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION: "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFTALATO  
PROGRESIVA : (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"  
LADO : IZQUIERDO  
UB. DE MUESTRA: LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO F. MUESTREO: 08/09/20  
MUESTREO: NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE FECHA: 09/09/20  
N° MUESTRA: CANTERA PANCHO MEDINA (HUAMBACHO)

#### DATOS

DESCRIPCION	UND.	MUESTRA. - 1	MUESTRA. - 2	MUESTRA. - 3	MUESTRA. - 4	PROMEDIO
Recipiente	N°	1				
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	2000.00				
Recipiente + Suelo Seco	gr.	1986.00				
Peso del Recipiente	gr.	0.00				
Peso del Agua	gr.	14.00				
Peso del Suelo Seco	gr.	1986.00				
Humedad	%	0.70				0.70

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

## GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205-206, ASTM C 127-128 AASHTO 84-85

### DATOS DE LA MUESTRA

TESIS	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO	
0	(PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"	
UBICACIÓN	IZQUIERDO	
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO	F. MUESTREO: 08/09/20
0	NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE	FECHA: 09/09/20
MUESTRA	CANTERA PANCHO MEDINA (HUAMBACHO)	

### AGREGADO GRUESO MTC E 206

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire )	(gr)	5000.0	5000.0		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua )	(gr)	3091.3	3082.3		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B	(gr)	1908.7	1917.7		
D	Peso material seco en estufa (105°C)	(gr)	4878.3	4880.2		
E	Vol. de masa = C - ( A - D )	(cm <sup>3</sup> )	1787.0	1797.9		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.556	2.545		2.550
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.620	2.607		2.613
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.730	2.714		2.722
	Absorción = (( A - D ) / D * 100 )	(%)	2.495	2.455		2.475

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS

CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilce822@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

## ABRASIÓN LOS ÁNGELES

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

### DATOS DE LA MUESTRA

TESIS	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO		
0	(PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"		
UBICACIÓN	IZQUIERDO		
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO		F. MUESTREO: 08/09/20
0	NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE		FECHA: 09/09/20
MUESTRA	CANTERA PANCHO MEDINA (HUAMBACHO)		

METODO		PESOS Y GRANULOMETRIAS REQUERIDOS				PESOS Y GRANULOMETRIAS EMPLEADOS			
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25							
1"	3/4"	1250 ± 25							
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10				2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10				2501 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10					
1/4"	N° 4			2500 ± 10					
N° 4	N° 8				5000 ± 10				
PESO TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10		5001 ± 10		
N° de Esferas		12	11	8	6		11		
Peso de las Esferas ( gr )		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445		391 - 445		
Peso Retenido en la malla N° 12					( gr )		4,460		
Peso que pasa en la malla N° 12					( gr )		540.9		
Desgaste					( % )		10.8%		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C. LOTE 6, PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS										
DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS										
NORMA TÉCNICA: ASTM D 4791										
DATOS DE LA MUESTRA										
TEBIS	*PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO									
0	(PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020*									
UBICACIÓN	IZQUIERDO									
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO								F. MUESTREO: 08/09/20	
0	NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE								FECHA: 09/09/20	
MUESTRA	CANTERA PANCHO MEDINA (HUAMBACHO)									
FORMA DEL AGREGADO :	ANGULAR									
RELACION DE ENSAYO :	1 : 3									
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS					
TAMIZ	ABERTURA	RETENIDO ORIGINAL (%)	PESO MUESTRA (gr)	NUMERO DE PARTICULAS	EN PESO			NUMERO DE PARTICULAS		
					PESO (gr)	%	CORREGIDO	PARTICULAS	%	CORREGIDO
(pulg)	(mm)									
3"	76.200									
2 1/2"	63.500									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700	36.4	1149.0	200	55.7	4.9	1.77	16	8.0	2.91
3/8"	8.750	28.8	375.2	200	38.8	10.3	2.98	33	16.5	4.75
1/4"	6.350									
Total:		65.2	1524	400	95		4.75	49		7.66

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

*[Signature]*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
DIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

OFICINA: MZ. C LOTE 6, PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilse8220@hotmail.com

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### DETERMINACIÓN DE CARAS FRACTURADAS NORMAS TÉCNICAS: MTC E 210, ASTM D 5821

#### DATOS DE LA MUESTRA

TESIS	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO	
0	(PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"	
UBICACIÓN	IZQUIERDO	F. MUESTREO: 08/09/20
TESISTAS	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO	FECHA: 09/09/20
0	NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE	
MUESTRA	CANTERA PANCHO MEDINA (HUAMBACHO)	

#### CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A) (gr)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B) (gr)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. B/A*100 (C) (%)	RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D) (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C/D (E)
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	1500.3 g	1480.3 g	98.7%	6.7%	661.1
3/4"	1/2"	500.6 g	480.3 g	95.9%	36.4%	3492.2
1/2"	3/8"	200.3 g	198.3 g	99.0%	28.8%	2851.2
TOTAL		2201.2			71.9%	7004.5
% con una o más caras fracturadas (E/D)						97.4%

#### CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A) (gr)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B) (gr)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. B/A*100 (C) (%)	RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D) (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C/D (E)
1 1/2"	1"				0.0%	
1"	3/4"	1500.3 g	1362.3 g	90.8%	6.7%	608.4
3/4"	1/2"	500.6 g	460.8 g	92.1%	36.4%	3350.6
1/2"	3/8"	200.3 g	190.5 g	95.1%	28.8%	2739.2
TOTAL		2201.2			71.9%	6698.2
% con dos o más caras fracturadas (E/D)						93.2%

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6. PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

#### SALES SOLUBLES TOTALES

#### DATOS DE LA MUESTRA

**TESIS** "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO  
0 (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"

**UBICACIÓN** IZQUIERDO

**TESISTAS** LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO **F. MUESTREO:** 08/09/20  
0 NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE **FECHA:** 09/09/20

**MUESTRA** CANTERA PANCHO MEDINA (HUAMBACHO)

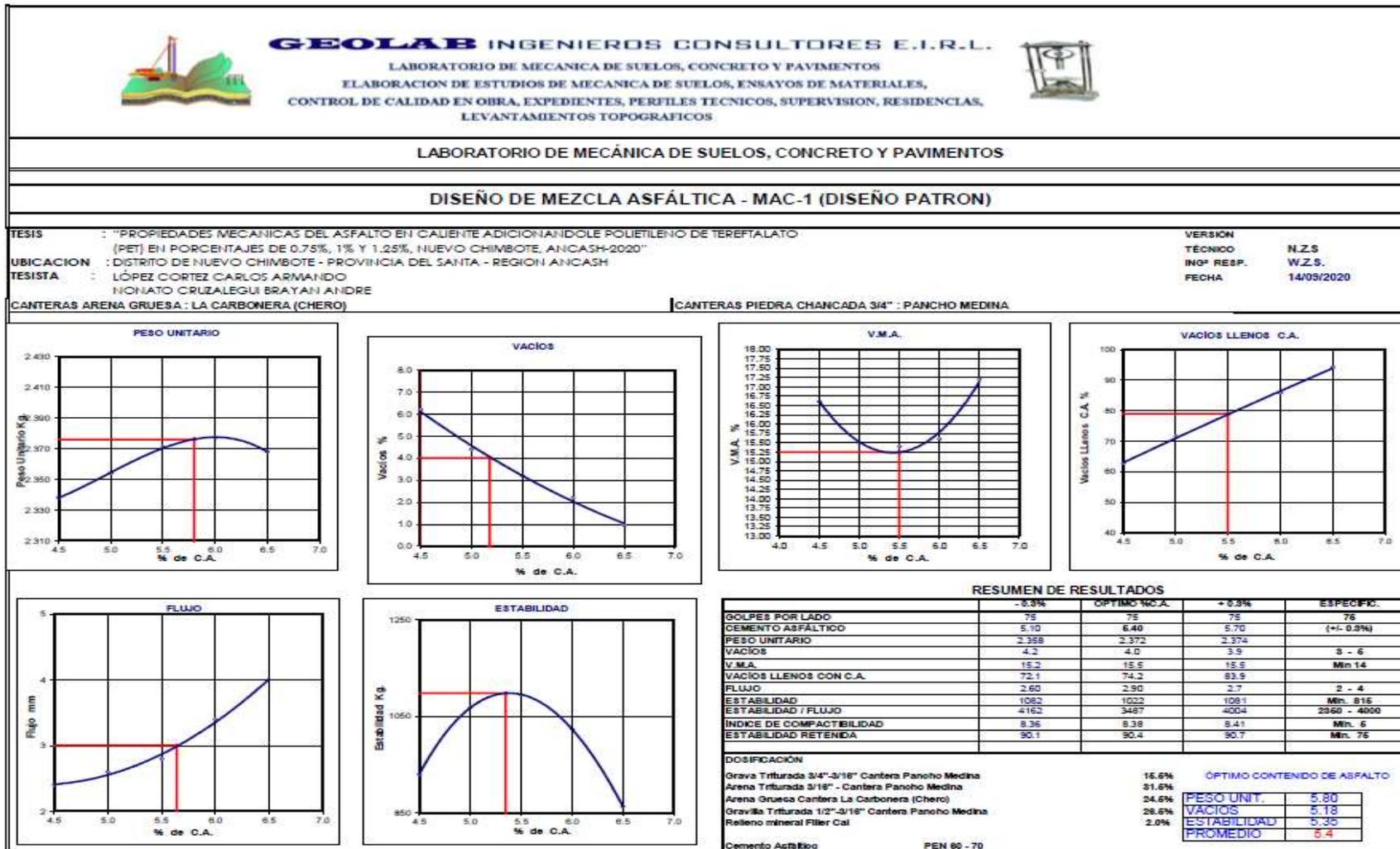
MUESTRA GRAVA		1	2	
Peso de Tara	(gr)	170.23	169.12	
Peso tara + agua + sal	(gr)	219.33	220.01	
Peso tara + sal	(gr)	170.24	169.13	
Peso sal	(gr)	0.005	0.010	
Peso agua	(gr)	49.10	50.88	
Sales solubles totales	(%)	0.010	0.020	
<b>Promedio de Sales Solubles Tot. (%)</b>		<b>0.015</b>		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

# ENSAYOS MARSHALL

Ilustración 1 Cuadro resumen Marshall- Diseño Patrón





# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

**TESIS:** PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020  
**ING. RESP.:** W.Z.S.  
**UBICACION:** DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TÉCNICO:** N.Z.S.  
**TESISTA:** LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO  
**FECHA:** 14/09/20  
 NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE  
**CANTERAS ARENA GRUESA:** LA CARBONERA (CHERO) | **CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4":** PANCHO MEDINA

Diseño C.A. 5.0 %

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	#P200	Peso Mat. Lavado	g	
ABERTURA EN mm	25.500	19.000	12.750	9.525	4.750	2.000	0.425	0.075	0.075		Peso Mat. Lavado	g	
PESO RETENIDO	g	0	525.0	721.1	747.3	1287.4	201.8	357.1	195.0	00.4	112.9	Peso Mat. Lav + Filtro	g
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.1	11.1	11.5	19.5	10.8	19.2	19.5	3.2	6.1	Peso de Asfalto	g
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.1	19.2	30.7	50.2	61.0	80.2	80.7	95.9	100.0	Peso inicial de Filtro	g
PASA	%	100.0	91.9	88.9	88.5	80.5	89.2	80.8	80.5	96.8		Peso final de Filtro	g
ESPECIFICACIÓN	%	100	98-100	87-98	80-77	60-84	29-48	14-28	9-17	4-8		Peso de Filtro	g
ASFALTO LÍQUIDO												FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO													g
													827.9
													866.0



Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.00	47.00	47.00	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.30	46.30	46.30	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.679	2.679	2.679	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.671	2.671	2.671	
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	g	1205.3	1205.3	1205.3	
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	g	1207.3	1205.3	1219.3	
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	g	893.9	893.9	897.9	
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	cc	513.4	511.5	512.5	
13	PESO DE LA PARAFINA (10-9)	g	0.0	0.0	0.0	
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13/9 parafina)	cc	0.0	0.0	0.0	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	cc	513.4	511.5	512.5	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	g/cc	2.388	2.384	2.389	2.384
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.483	2.483	2.483	
18	VACÍOS (17-18)*100/17	%	4.8	4.4	4.2	4.4 3 - 8
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(10/15+14/15)		2.679	2.679	2.679	
20	V.M.A. 100(2+3+4)(18/19)	%	16.7	19.8	19.3	15.8 Mn. 14
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100(20-18)/20	%	73.2	73.1	74.3	73.1
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(10/17+14/17)		2.665	2.666	2.666	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(23-18)/(32*19)	%	-0.10	-0.10	-0.10	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23)(2+3+4)/(19)	%	5.15	5.15	5.15	
25	FLUIDO	mm	2.7	2.6	2.6	2.8 2 - 4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1024	946	1197	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	X	1.00	1.04	1.06	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1024	964	1197	1068 Mn. 816
29	ESTABILIDAD-FLUIDO	kg/cm	3793	3955	4804	4111 1700 - 4090

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

*[Firma]*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



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

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)**

TESIS : "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0,75%, 1% Y 1,25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020" ING. RESP. : W.Z.S.  
TÉCNICO : N.Z.S.  
FECHA : 14/09/20

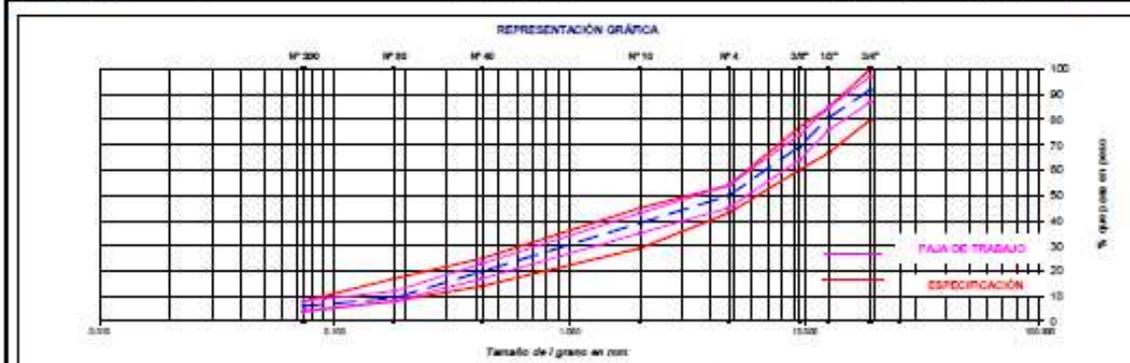
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

TESISTA : LÓPEZ CORTÉS CARLOS ARMANDO  
 NONATO CRUZALDEGUI BRAYAN ANDRE

CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO) CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHO MEDINA

**Diseño C.A. 5.5 %**

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO			
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. Lavado	gr		
ABERTURA EN mm	25.500	19.000	12.700	8.500	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075	0.075	Peso Mat. Lavado	gr		
PESO RETENIDO	gr	0	325.0	721.1	747.3	1207.4	201.8	327.1	128.0	65.4	112.9	Peso Mat. Lav. +Fibra	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.1	11.1	11.5	19.5	10.8	19.2	10.5	3.2	6.1	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.1	19.2	30.7	50.2	61.0	80.2	90.7	93.9	100.0	Peso inicial de Fibra	gr	
PASA	%	100.0	91.9	88.8	88.5	80.5	89.2	80.8	89.5	96.8	93.9	Peso final de Fibra	gr	
ESPECIFICACION	%	100	90-100	87 - 85	80 - 77	45 - 54	28 - 45	14 - 26	8 - 17	4 - 8		Peso de Fibra	gr	
ASFALTO LÍQUIDO												FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														327.9
														6500.8



**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.41	47.41	47.41		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.15	46.15	46.15		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.026	1.026	1.026		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.679	2.679	2.679		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.671	2.671	2.671		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1209.0	1213.5	1208.0		
10 PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1209.8	1214.4	1208.6		
11 PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	696.7	700.8	696.7		
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	c.c.	504.0	513.0	507.9		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/8 parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	504.0	513.0	507.9		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (8/15)	gr/c.c.	2.377	2.363	2.374	2.371	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.451	2.451	2.451		
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	3.9	3.8	3.1	3.3	3 - 8
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+6)(9/14+8/15)		2.679	2.679	2.679		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/19)	%	16.1	16.6	16.2	16.3	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(25-19)/20	%	61.3	78.3	80.7	80.1	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+6)(10/17+1/15)		2.677	2.677	2.677		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5/22-19)/(22*19)	%	-0.04	-0.04	-0.04		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.54	5.54	5.54		
25 FLUJO	mm	2.7	2.9	2.8	2.8	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1081	1106	1088		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.54	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1124	1106	1086	1086	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	4164	3614	3771	3816	4700 - 4000



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAL,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



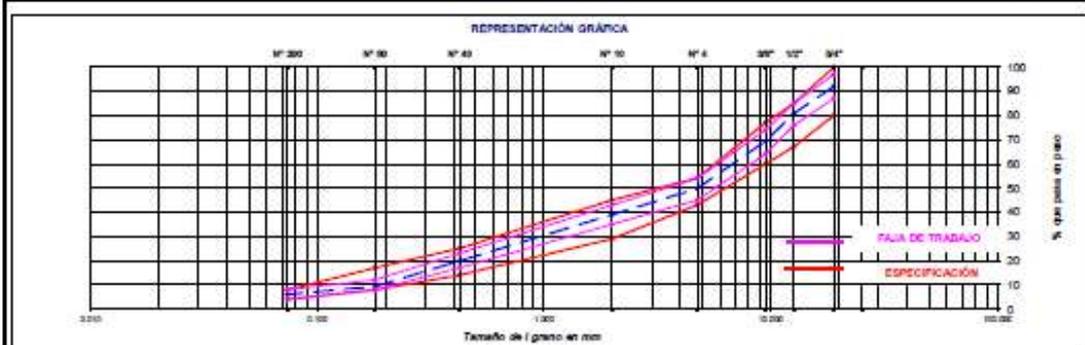
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

TESIS: "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"  
ING. RESP.: W.Z.S.  
UBICACION: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
TÉCNICO: N.Z.S.  
TESISTA: LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO  
NONATO CRUZALEQUI BRAYAN ANDRE  
FECHA: 14/09/20  
CANTERAS ARENA GRUESA: LA CARBONERA (CHERO) | CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4": PANCHE MEDINA

Diseño C.A. 6.0 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO		
TAMIZ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	Nº 200	Peso Mat. S/Lavado	gr	
ABERTURA EN mm	25.540	19.050	12.700	8.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	225.0	721.1	747.3	1267.4	201.8	357.1	195.0	60.4	112.9	Peso Mat. Lav + Filtro	gr
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	5.1	11.1	11.5	19.5	10.0	19.2	10.5	3.2	5.1	Peso de Asfalto	gr
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	5.1	16.2	30.7	50.2	60.2	80.7	90.9	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	94.9	88.8	88.5	80.5	90.0	80.8	89.5	96.8	Peso Final de Filtro	gr	
ESPECIFICACION	%	100	90-100	87-95	80-77	45-54	29-46	14-25	9-17	4-8	Peso de Filtro	gr	
ASFALTO LIQUIDO											TRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO											PESO TOTAL	gr	
												327.0	
												6996.0	



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559							
BRQUETAS	MP	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.	
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0		
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.16	47.16	47.16	47.16		
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	45.90	45.90	45.90	45.90		
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00		
5. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005		
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.679	2.679	2.679	2.679		
7. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.671	2.671	2.671	2.671		
8. PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140		
9. PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1200.4	1206.0	1206.3			
10. PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1200.9	1206.8	1206.9			
11. PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	887.0	886.5	700.9			
12. VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	506.9	507.3	506.1			
13. PESO DE LA PARAFINA (10g)	gr	0.0	0.0	0.0			
14. VOLUMEN DE PARAFINA (13% parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0			
15. VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPESAMIENTO (12-14)	c.c.	506.9	507.3	506.1			
16. PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9-15)	gr/c.c.	2.374	2.378	2.383	2.377		
17. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.431	2.431	2.431			
18. VACÍOS (17-16)/100%	%	2.3	2.3	2.0	2.2	3 - 5	
19. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+5)		2.679	2.679	2.679			
20. V.M.A. (10g-2+3+4)/(16-19)	%	16.7	16.6	16.4	16.6	Mín. 14	
21. VACÍOS LLENOS CON C.A. 100/(20-16)/20	%	36.9	36.3	37.6	36.6		
22. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*(2+3+4+5))		2.679	2.679	2.679			
23. C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(21-19)/(22*19))	%	-0.06	-0.06	-0.06			
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (429*(21+4)/(100))	%	0.06	0.06	0.06			
25. FLUIDO	mm	2.5	2.5	2.5	2.5	2 - 4	
26. ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	986	982	989			
27. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.09	1.04	1.04			
28. ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1074	990	1066	1024	Mín. 815	
29. ESTABILIDAD-FLUIDO	K/ton	4295	3980	4021	4095	1700 - 4000	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

*[Firma]*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAL,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

TESIS "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"

ING. RESP. : W.Z.S.

TÉCNICO : N.Z.B

FECHA : 14/09/20

UBICACION DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

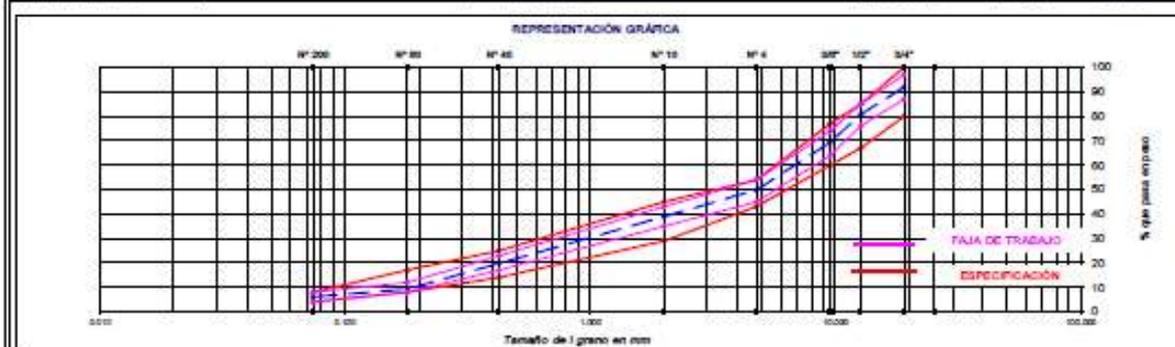
TESISTA : LÓPEZ CORTÉZ CARLOS ARMANDO  
NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRÉ

CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO)

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHE MEDINA

Diseño C.A. 6.5 %

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr	
ABERTURA EN mm	25.400	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.190	0.074		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	50.0	721.1	747.3	1207.4	201.6	357.1	105.0	50.4	112.9	Peso Mat. Lav + Filtro	gr
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	0.1	11.1	11.5	19.5	10.8	19.2	10.5	3.2	6.1	Peso de Asfalto	gr
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	0.1	19.2	30.7	50.2	61.0	80.2	90.7	93.9	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr
PASA	%	100.0	99.9	88.8	88.5	80.5	89.2	80.8	89.5	96.8	93.9	Peso final de Filtro	gr
ESPECIFICACION	%	100	95-100	87-95	80-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8		Peso de Filler	gr
ASFALTO LÍQUIDO												FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr

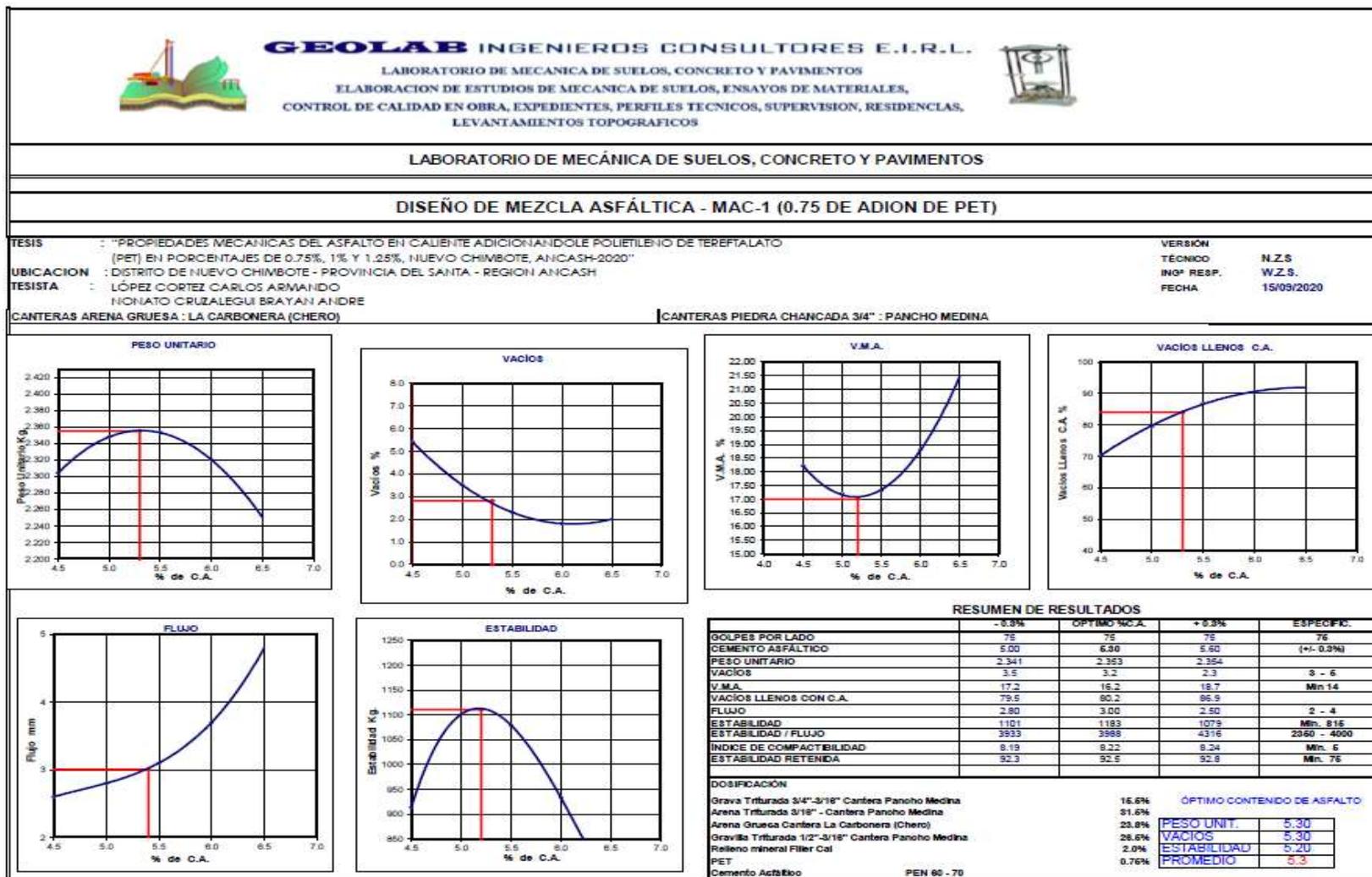


ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559							
BRQUETAS		Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.91	46.91	46.91	46.91	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	45.07	45.07	45.07	45.07	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.006	1.005	1.005		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.679	2.679	2.679		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.671	2.671	2.671		
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1182.1	1204.4	1191.0		
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1182.6	1204.9	1191.6		
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	888.8	888.8	888.8		
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	503.7	509.0	502.0		
13	PESO DE LA PARAFINA (10-11)	gr	0.0	0.0	0.0		
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13Pa parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	503.7	509.0	502.0		
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9-15)	gr/c.c.	2.367	2.368	2.373	2.368	
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2941		2.360	2.360	2.360		
18	VACÍOS (17-18)(100/17)	%	1.1	1.1	0.8	1.0	3 - 8
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(26)(37)(48)		2.679	2.679	2.679		
20	V.M.A. (100-(2+3+4)(18/19)	%	17.1	17.1	16.9	17.0	Mín. 14
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. (100-(20-18)/20)	%	90.7	90.8	91.1	90.9	
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(100/17)(18)		2.657	2.657	2.657		
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(20-18)/(22*18)	%	-0.32	-0.32	-0.32		
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (1-(23*(2+3+4)/100)	%	6.80	6.80	6.80		
25	FLUJO	mm	4.1	3.9	3.9	4.0	2 - 4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	880	786	871		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.04	1.04		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	887	796	806	863	Mín. 816
29	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2164	2040	2023	2110	1750 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Ilustración 2 Cuadro resumen con PET 0.75%





# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (0.75 DE ADION DE PET)

TESIS "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"  
 UBICACION DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
 TESISTA LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO  
 NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE  
 CANTERAS AREÑA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO) | CANTERAS PIEDRA CHANCADA 314' | PANCHO MEDINA

ING. RESP.: W.Z.S.  
 TÉCNICO: R.Z.S.  
 FECHA: 15/06/20

#### Diseño C.A. 4.5%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO				
TAMIZ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	Nº 200	Peso Mat. Gravas	gr		
ABERTURA EN mm	25.40	19.05	12.50	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr		
PESO RETENIDO	gr	0	579.0	705.3	736.6	1267.5	221.5	359.2	105.0	56.0	109.3	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	3.9	11.8	11.4	19.9	11.8	10.8	5.8	2.9	5.7	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	3.9	20.7	32.0	51.8	63.3	81.9	91.4	94.3	100.0	Peso inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	91.1	79.3	66.0	46.2	36.7	18.1	8.5	5.7		Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100	67-85	60-77	43-64	39-46	14-25	8-17	4-8		Peso de Filtro	gr	
ASFALTO LÍQUIDO												TRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														333.0
														6590.0



#### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	49.50	49.50	49.50	49.50	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	45.04	45.04	45.04	45.04	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.96	0.96	0.96	0.96	
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005	
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	2.675	
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	2.695	
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1192.3	1194.6	1194.0		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1194.1	1198.1	1194.0		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	679.0	679.0	679.0		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	cc	519.1	521.1	519.0		
13 PESO DE LA PARAFINA (10g)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13Pe parafina)	cc	0.0	0.0	0.0		
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAGAMIENTO (10-14)	cc	519.1	521.1	519.0		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/15)	gr/cc	2.297	2.299	2.299	2.294	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2001		2.435	2.435	2.435		
18 VACÍOS (17-16)/100/17	%	6.7	6.7	6.7	6.4	3 - 8
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+5)		2.600	2.600	2.600		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16-19)	%	18.4	18.4	17.6	18.2	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20	%	89.2	89.0	75.0	70.4	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+19)		2.610	2.610	2.610		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)	%	-1.12	-1.12	-1.12		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.57	5.57	5.57		
25 FLUJO	mm	2.9	2.8	2.8	2.8	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	908	917	917		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	908	917	914	914	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3248	3600	3600	3527	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS/CONCRETO Y PAVIMENTO

*[Firma]*  
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP Nº 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (0.75 DE ADION DE PET)

TEMA : "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0,75%, 1% Y 1,25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"  
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
TESISTA : LÓPEZ CORTÉS CARLOS ARMANDO  
MONITAO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE  
CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO) | CANTERAS PIEDRA CHAVCADA 3/4" : PANCHO MEDINA

ING. RESP. : W.Z.S.  
TÉCNICO : N.Z.S.  
FECHA : 15/01/20

#### Diseño C.A. 5.0 %

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	Nº 200	Peso Mat. Lavado	g	
ABERTURA EN mm	25.40	19.00	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	g	
PESO RETENIDO	g	0	570.0	755.3	736.6	1207.5	221.5	350.2	105.0	50.0	109.3	Peso Mat. Lav + Filtro	g
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	0.9	11.8	11.4	19.0	11.5	19.0	9.0	2.9	5.7	Peso de Asfalto	g
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	0.9	20.7	32.0	51.8	63.3	81.9	91.4	94.3	100.0	Peso Inicial de Filtro	g
PASA	%	100.0	91.1	79.3	88.0	80.7	88.1	81.1	90.0	94.3	Peso final de Filtro	g	
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100	67-85	80-77	63-64	29-42	14-25	8-17	4-8	Peso de Filtro	g	
ASFALTO LÍQUIDO											FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	g



1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0	
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA - Nº 4	%	49.25	49.25	49.25		
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA - Nº 4	%	44.00	44.00	44.00		
4	RELLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695		
8	PESO ESPECÍFICO RELLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	g	1205.9	1205.9	1205.2		
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	g	1207.3	1205.0	1210.3		
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	g	694.0	682.0	691.0		
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	513.3	513.0	519.3		
13	PESO DE LA PARAFINA (10-9)	g	0.0	0.0	0.0		
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13/9) (parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAGAMIENTO (10-14)	c.c.	513.3	513.0	519.3		
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (8/15)	g/c.c.	2.549	2.347	2.329	3.341	
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D2041		2.427	2.427	2.427		
18	VACIOS (17-16)/100*17	%	3.2	3.3	4.1	3.5	3 - 6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+5)		2.659	2.659	2.659		
20	V.M.A. 100*(2+3+4)/(16+19)	%	17.0	17.0	17.7	17.3	Mín. 14
21	VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20	%	81.0	80.8	77.0	79.5	
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+5)		2.624	2.624	2.624		
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(20-19)/22*(19))	%	-0.92	-0.92	-0.92		
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23)/(2+3+4+5)/100	%	5.00	5.00	5.00		
25	FLUJO	mm	2.8	2.8	2.8	2.8	2 - 4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1113	1016	1132		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	k	1.00	1.04	1.00		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1113	1069	1132	1101	Mín. 918
29	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3975	3761	4043	3903	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

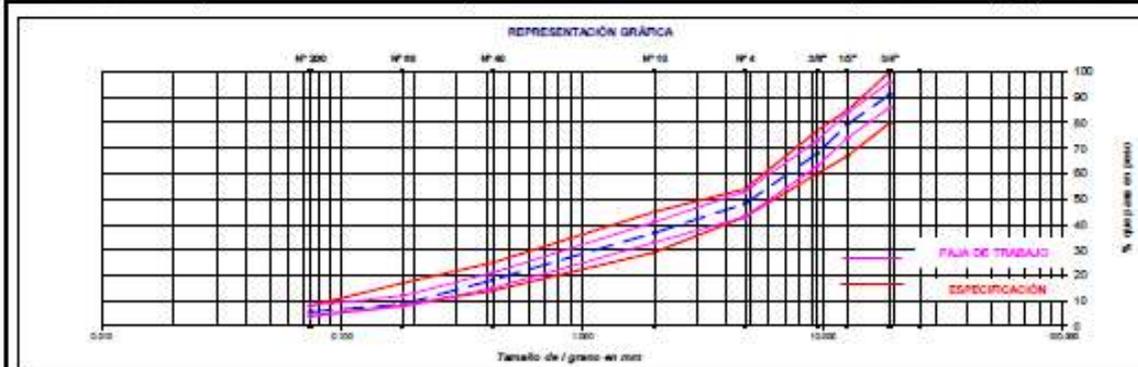
### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (0.75 DE ADION DE PET)

TESIS : "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"  
 UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
 TESISTA : LÓPEZ CORTÉZ CARLOS ARMANDO  
 NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRE  
 CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO) | CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHE MEDINA

ING. RESP. : W.Z.S.  
 TÉCNICO : N.Z.S.  
 FECHA : 15/09/20

Diseño C.A. 6.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO		
TAMIZ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S.Lavado	gr	
ABERTURA EN mm	25.500	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.180	0.075		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	0	870.0	765.3	736.6	1287.5	221.5	358.2	185.0	56.0	129.3	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	0.9	11.8	11.4	19.8	11.5	10.0	2.0	3.7	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	0.9	20.7	32.0	51.8	63.3	73.3	75.3	79.0	Peso inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	91.1	79.3	68.0	49.2	36.7	16.1	3.6	5.7	Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACION	%	100	90-100	67-85	60-77	40-54	28-45	14-25	8-17	4-8	Peso de Filler	gr	
ASFALTO LIGUDO											FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr



### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	40.39	40.39	40.39		
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	44.57	44.57	44.57		
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005		
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675		
7. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.696	2.695	2.695		
8. PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9. PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1200.0	1213.5	1206.0		
10. PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1201.3	1213.5	1205.4		
11. PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	691.0	690.0	690.0		
12. VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	cc	510.3	515.5	512.4		
13. PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14. VOLUMEN DE PARAFINA (13Pa parafina)	cc	0.0	0.0	0.0		
15. VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	cc	510.3	515.5	512.4		
16. PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/cc	2.362	2.364	2.366	2.363	
17. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.400	2.400	2.400		
18. VACÍOS (17-16)/(100/17)	%	3.3	3.2	3.2	3.3	3 - 5
19. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+16)		2.609	2.609	2.609		
20. V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.3	17.2	17.2	17.2	Mín. 14
21. VACÍOS LLENOS CON C.A. 100/(20-19/20)	%	36.5	37.0	37.0	36.5	
22. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+16)		2.622	2.622	2.622		
23. C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(20-19)/(22-19))	%	-0.26	-0.26	-0.26		
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (1-23)/(2+3+4)(100)	%	6.40	6.40	6.40		
25. FLUJO	mm	3.0	3.3	3.0	3.1	2 - 4
26. ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1094	1045	1063		
27. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.00	1.00		
28. ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1138	1045	1063	1079	Mín. 815
29. ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	3793	3167	3593	3480	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZEJAYA SANTOS  
 CIP Nº 195373  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAL,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



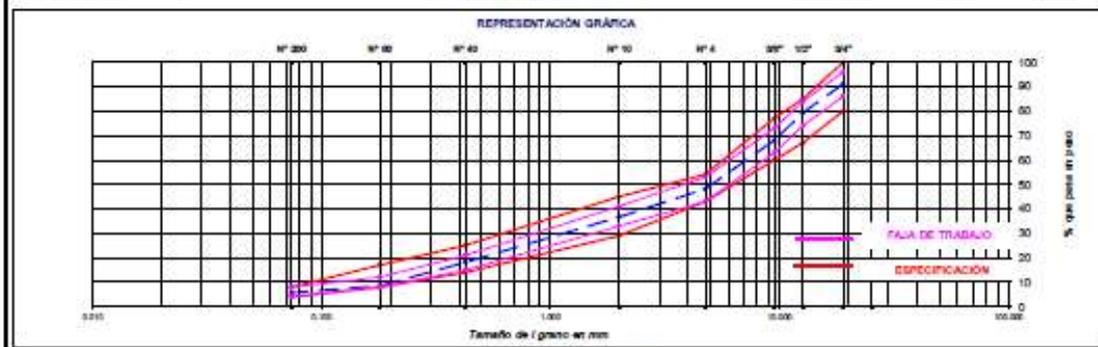
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (0.75 DE ADIÓN DE PET)

TEMA	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"	ING. RESP. : W.Z.S.
UBICACION	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	TÉCNICO : N.Z.S
TESISTA	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRÉ	FECHA : 15/09/20
CANTERAS ARENA GRUESA	LA CARBONERA (CHERO)	CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHE MEDINA

Diseño C.A. 6.0 %

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr.	
ABERTURA EN mm	25.40	19.05	12.70	8.50	4.75	2.00	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO	gr	0	579.0	705.3	735.6	1207.5	221.5	350.2	105.0	56.0	Peso Mat. Lav. + Fibras	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	9.9	11.8	11.4	19.8	11.5	18.6	9.6	3.9	Peso de Asfalto	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	9.9	20.7	32.0	51.8	63.3	81.9	91.4	100.0	Peso Inicial de Fibras	gr.	
PASA	%	100.0	90.1	79.3	68.0	49.2	36.7	18.1	8.6	5.7	Peso Final de Fibras	gr.	
ESPECIFICACION	%	100	85-100	87-95	60-77	40-54	28-45	14-25	8-17	4-8	Peso de Fibras	gr.	
ASFALTO LÍQUIDO											TRACCIÓN	%	930.0
TRAMO ASFALTADO											PESO TOTAL	gr.	6500.0



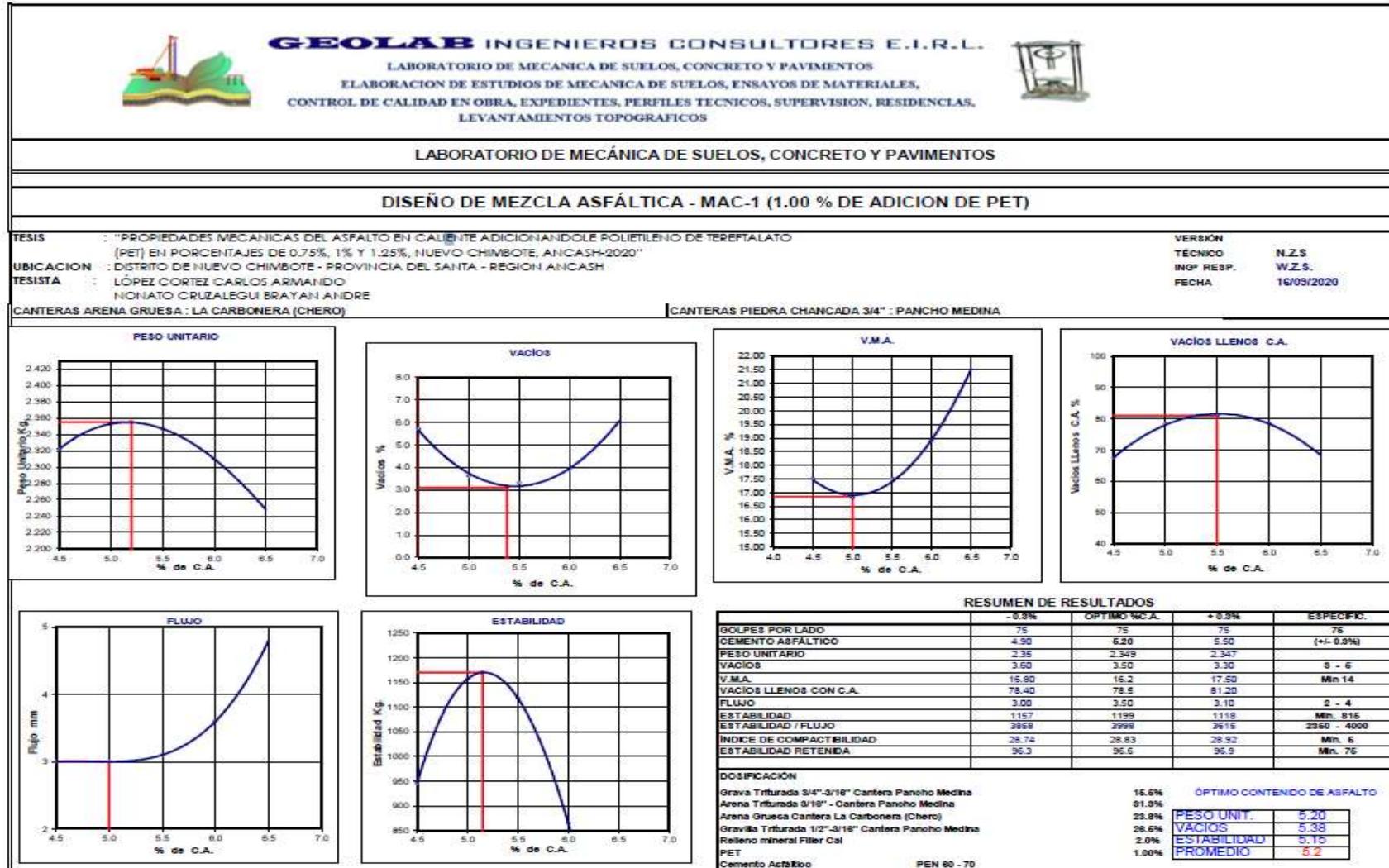
### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0	
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	40.73	40.73	40.73	40.73	
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	44.33	44.33	44.33	44.33	
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00	
5. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005	
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	2.675	
7. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	2.695	
8. PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140	
9. PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1203.4	1205.0	1206.3		
10. PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1203.9	1205.8	1206.9		
11. PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	686.0	686.9	687.9		
12. VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	517.9	519.0	519.9		
13. PESO DE LA PARAFINA (10a)	gr	0.0	0.0	0.0		
14. VOLUMEN DE PARAFINA (13Fa parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15. VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPESAJAMIENTO (10-14)	c.c.	517.9	519.0	519.9		
16. PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (8-15)	gr/c.c.	2.324	2.319	2.319	2.320	
17. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.362	2.362	2.362		
18. VACÍOS (17-18)/100*17	%	1.8	1.8	1.8	1.8	3 - 5
19. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+8)		2.659	2.659	2.659		
20. V.M.A. 10a-(2+3+4)/(19*19)	%	10.7	10.9	10.9	10.8	Mín. 14
21. VACÍOS LLENOS CON C.A. 10a/(20-19)*20	%	91.3	90.1	90.2	90.5	
22. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(10+17+15)		2.597	2.597	2.597		
23. C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100)*8/(22-19)	%	-1.47	-1.47	-1.47		
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23)/(2+3+4+100)	%	7.39	7.39	7.39		
25. FLUJO	mm	3.6	3.8	3.8	3.7	2 - 4
26. ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	892	893	894		
27. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.06	1.04	1.04		
28. ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	892	890	819	833	Mín. 815
29. ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	2731	2562	2419	2504	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

*[Firma]*  
ING. WILSON J. ZEJAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

Ilustración 3 Cuadro resumen con 1.00% de PET





# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



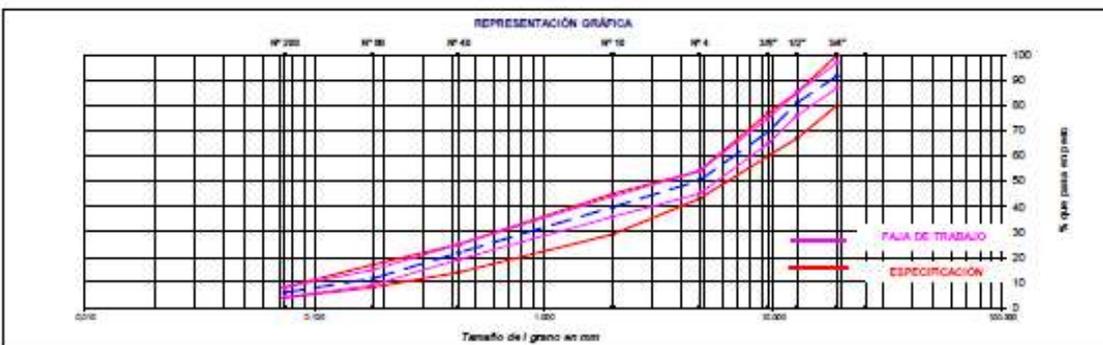
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.00 % DE ADICION DE PET)

TEMA	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH 2020"	ING. RESP. : W.Z.S.
UBICACION	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	TÉCNICO : N.Z.S
TESISTA	LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO	FECHA : 16/09/20
	NONATO CRIZALEQUI BRAYAN ANDRE	
CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO)	CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHO MEDINA	

Diseño C.A. 4.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO			
TAMIZ ASTM		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. S/Lavar	gr	
ABERTURA EN mm		25.540	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.180	0.075		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	534.0	706.0	734.0	1250.0	190.4	339.0	107.2	105.0	111.2	Peso Mat. Lav + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.2	10.8	11.3	19.4	15.8	15.3	10.0	5.6	5.9	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.2	19.1	30.4	49.7	65.2	75.4	85.4	91.0	100.0	Peso inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	91.8	89.2	88.6	80.3	84.0	84.5	89.8	94.1	94.1	Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	86-100	87-95	86-77	43-54	28-46	14-25	8-17	4-8		Peso de Filtro	gr	
ASFALTO LÍQUIDO												%	343.0	
TRAMO ASFALTADO												REACCIÓN	%	
													PESO TOTAL	gr
														696.0

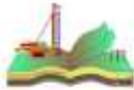


### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5	
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.47	47.47	47.47	47.47	
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.07	47.07	47.07	47.07	
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.96	0.96	0.96	0.96	
5. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005	
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.875	2.875	2.875	2.875	
7. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	2.695	
8. PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140	
9. PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1201.0	1203.0	1206.0	1206.0	
10. PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1203.0	1204.0	1207.0	1207.0	
11. PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	686.0	686.0	687.0	687.0	
12. VOLUMEN DE LA BRQUETA (12-11)	c.c.	516.0	516.0	520.0	520.0	
13. PESO DE LA PARAFINA (10g)	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	
14. VOLUMEN DE PARAFINA (13/9 parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0	0.0	
15. VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	516.0	516.0	520.0	520.0	
16. PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.319	2.329	2.317	2.322	
17. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.402	2.402	2.402	2.402	
18. VACÍOS (17-16)(100/17)	%	5.9	5.4	5.9	5.7	3 - 8
19. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(6)(3/7+4)(8)		2.695	2.695	2.695	2.695	
20. V.M.A. (19)(2+3+4)(16/19)	%	17.7	17.3	17.7	17.5	Mín. 14
21. VACÍOS LLENOS CON C.A. (19)(20+19/20)	%	96.9	96.8	96.7	96.5	
22. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(6)(100/17+19)		2.643	2.643	2.643	2.643	
23. C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/2)(23-19)(22/19)	%	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (1)(2)(3+4)(100)	%	5.12	5.12	5.12	5.12	
25. FLUJO	mm	2.8	2.8	2.8	2.8	2 - 4
26. ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	893	931	914		
27. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28. ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	903	931	914	946	Mín. 915
29. ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	3548	3326	3264	3379	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 196373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.00 % DE ADICION DE PET)

TEMA : "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"

ING. RESP. : W.Z.S.

TÉCNICO : N.Z.S.

FECHA : 18/09/20

UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

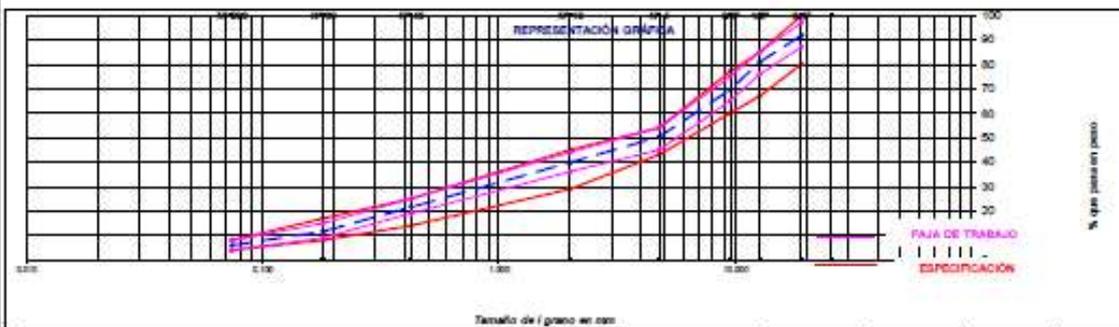
TESISTA : LÓPEZ CORTÉS CARLOS ARMANDO  
NONATO CRUZALEBUI BRAYAN ANDRÉ

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3M<sup>3</sup> : PANCHO MEDINA

CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO)

Diseño C.A. 5.0 %

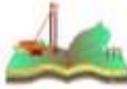
ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO			
TAMIZ ASTM		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr	
ABERTURA EN mm		25.40	19.05	12.70	9.525	4.750	2.000	3.425	0.180	0.074		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	254.0	705.0	734.0	1250.0	196.4	339.6	107.2	105.6	111.2	Peso Mat. Lav. «Filtro»	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.2	10.8	11.3	19.4	10.5	18.2	10.0	5.5	5.9	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.2	19.1	30.4	49.7	60.2	78.4	88.4	94.1	100.0	Peso inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	91.8	89.2	88.7	80.6	89.5	81.8	90.0	94.5		Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	67-95	60-77	43-54	29-45	14-25	9-17	4-8		Peso de Filler	gr	
ASFALTO LÍQUIDO												FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														840.0
														8500.0



1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0	
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.22	47.22	47.22	47.22	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.83	46.83	46.83	46.83	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	2.675	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.895	2.895	2.895	2.895	
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1201.0	1199.0	1206.0	1206.0	
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1204.0	1203.0	1207.0	1207.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	883.0	882.4	885.8	885.8	
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	511.0	509.6	511.2	511.2	
13	PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13P+parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPACIAMIENTO (12-14)	c.c.	511.0	509.6	511.2	511.2	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (8-15)	gr/c.c.	2.360	2.363	2.367	2.365	
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.442	2.442	2.442	2.442	
18	VACÍOS (17-16)/100/17	%	3.8	3.7	3.6	3.6	3 - 6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26+(37+148))		2.689	2.689	2.689	2.689	
20	V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	16.8	16.8	16.7	16.8	Mín. 14
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	77.8	78.3	79.1	79.4	
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+15)		2.642	2.642	2.642	2.642	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-19)/(22*19))	%	-0.66	-0.66	-0.66	-0.66	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-03*(2+3+4)/100	%	5.63	5.63	5.63	5.63	
25	FLUJO	mm	3.0	3.0	3.0	3.0	2 - 4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1182	1135	1140	1140	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.04	1.00	1.00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1182	1180	1140	1127	Mín. 915
29	ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	3940	3835	3800	3855	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZEJAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAL,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA - MAC-1 (1.00 % DE ADICION DE PET)

TESIS : PROPIEDADES MECANICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDOLE POLIETILENO DETEREFTALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"

ING. RESP. : W.Z.S.  
TÉCNICO : N.Z.S

UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

FECHA : 10/09/20

TESISTA : LÓPEZ CORTÉS CARLOS ARMANDO  
NONATO CRUZALEQUI BRAYAN ANDRE

CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO) | CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHO MEDINA

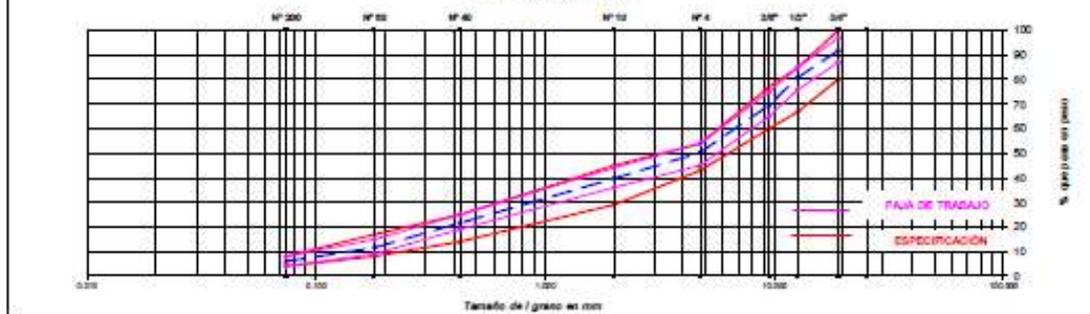
Diseño C.A. 5.5 %

#### ENSAYO GRANULOMÉTRICO

TAMIZ ASTM	7"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr	
ABERTURA EN mm	25.540	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	3.425	0.190	0.074		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	104.0	705.0	1250.0	196.4	339.8	187.2	105.0	111.2	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	0.2	10.5	11.3	19.4	10.5	10.0	5.6	5.9	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	0.2	10.1	30.4	49.7	60.2	70.4	86.4	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	91.8	80.9	69.6	50.3	39.8	21.6	11.8	5.9	Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100	67-85	60-77	40-54	29-45	14-25	0-17	4-8	Peso de Filler	gr	
ASFALTO LÍQUIDO											FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr

Marco Lineal:

#### REPRESENTACIÓN GRÁFICA



#### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.97	46.97	46.97		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.50	46.50	46.50		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1200.0	1213.5	1206.0		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1201.3	1213.5	1206.4		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	690.0	690.0	692.0		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	511.3	517.5	513.4		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13Pa parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	511.3	517.5	513.4		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (8-15)	gr/c.c.	2.347	2.345	2.348	2.347	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.427	2.427	2.427		
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	3.3	3.4	3.3	3.3	3 - 5
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+10+11+12+13+14)		2.699	2.699	2.699		
20 V.M.A. (100-(2+3+4)/(19*19))	%	17.5	17.5	17.4	17.5	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. (100-(2+3+4)/20)	%	91.2	90.9	91.6	91.2	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+10+11+12+13+14)		2.640	2.640	2.640		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5)-(2+3+4)/22)	%	-0.61	-0.61	-0.61		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO (1-(23)/(2+3+4)/20)	%	6.07	6.07	6.07		
25 FLUJO	mm	3.0	3.3	3.0	3.1	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1112	1102	1095		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1190	1192	1195	1193	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	3895	3838	3860	3845	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPERIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAL,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.00 % DE ADICION DE PET)

TESIS "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH 2020"  
UBICACIÓN DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
TESISTA LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO  
NONATO CRUZALEGUI BRAYAN ANDRÉ  
CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO) | CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3M<sup>2</sup> : PANCHO MEDINA

ING. RESP. : W.Z.S.  
TÉCNICO : N.Z.S.  
FECHA : 15/06/20

Diseño C.A. 6.0%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO			
TAMC ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr		
ABERTURA EN mm	25.540	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.190	0.075		Peso Mat. Lavado	gr		
PESO RETENIDO	gr	0	534.0	705.0	734.0	1250.0	196.4	330.6	107.3	105.6	111.2	Peso Mat. Lav + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	5.2	10.6	11.3	19.4	10.5	15.2	10.0	5.6	5.9	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	5.2	15.1	20.4	40.7	50.2	70.4	80.4	94.1	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	94.8	89.9	89.6	80.3	79.5	71.5	61.5	51.5		Peso Final de Filtro	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-9		Peso de Filtro	gr	
ASFALTO LÍQUIDO												FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														945.0
														6500.0

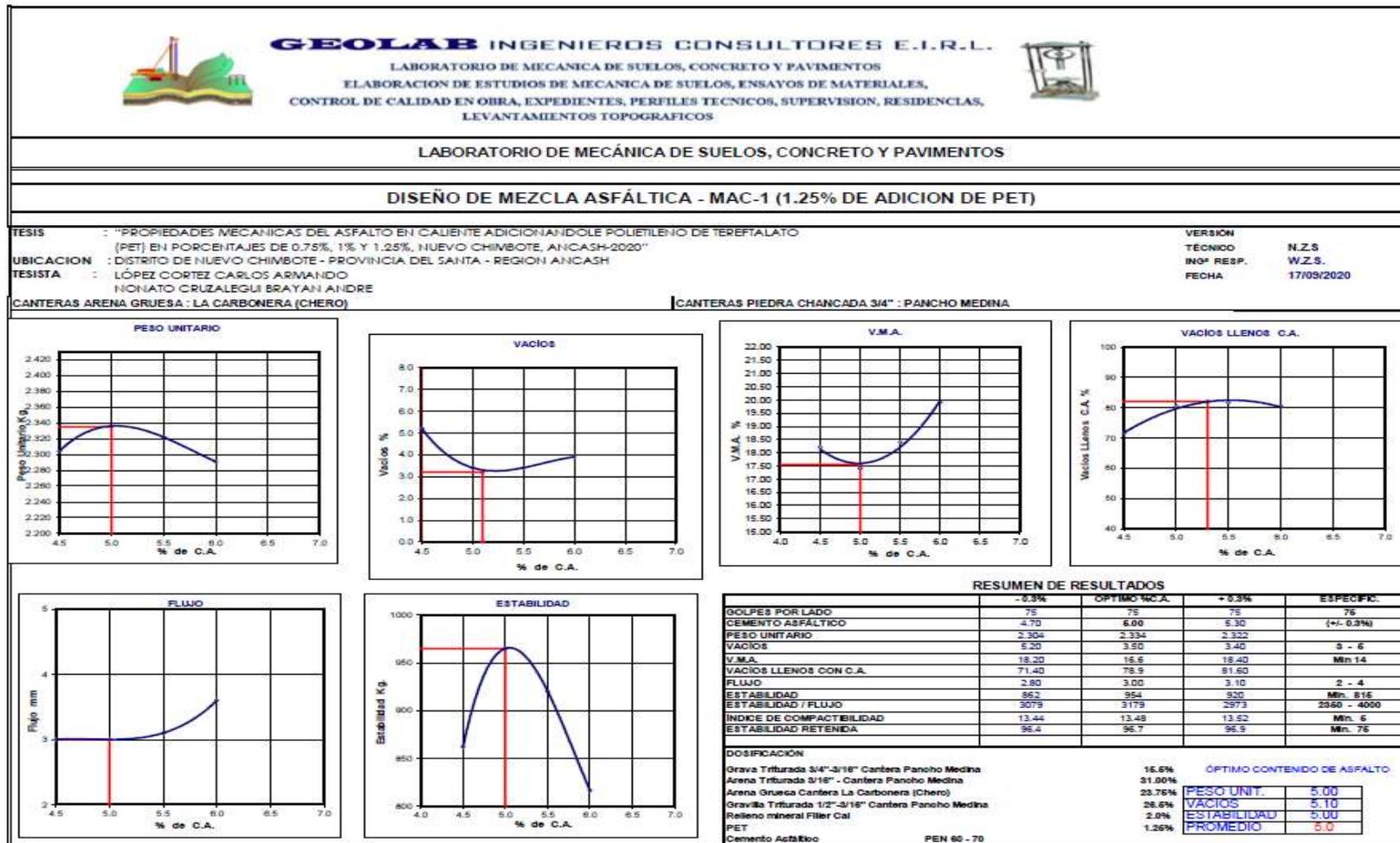


ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559								
BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.		
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0		
3	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.73	46.73	46.73	46.73		
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.33	46.33	46.33	46.33		
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	2.675		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	2.695		
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140		
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1205.4	1205.6	1205.5	1205.5		
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1203.8	1205.8	1206.9	1206.9		
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	661.0	666.0	669.0	669.0		
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	cc	522.9	517.8	517.9	517.9		
13	PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0	0.0		
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13Ps parafina)	cc	0.0	0.0	0.0	0.0		
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	cc	522.9	517.8	517.9	517.9		
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9-15)	gr/cc	2.301	2.327	2.327	2.319		
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-3041		2.414	2.414	2.414	2.414		
18	VACÍOS (17-16)/(100-17)	%	4.6	3.6	3.6	3.9	3 - 6	
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+8)		2.689	2.689	2.689	2.689		
20	V.M.A. (100-23+47)/(6+19)	%	19.6	19.6	19.6	19.6	Mín. 14	
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20	%	76.2	80.8	80.8	79.2		
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100-17+15)		2.652	2.652	2.652	2.652		
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(20-19)/(22+19)	%	-0.52	-0.52	-0.52	-0.52		
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1423*(23+49)/100	%	6.49	6.49	6.49	6.49		
25	FLUJO	mm	3.6	3.6	3.6	3.6	3 - 4	
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	891	890	895	892		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	1.00		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	891	890	895	892	Mín. 815	
29	ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	2384	2388	2400	2404	1750 - 4000	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS/CONCRETO/PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Ilustración 4 Cuadro resumen con PET 1.25%





**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



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

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.25% DE ADICION DE PET)**

TEMA	"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLETILENO DE TEREPHTALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH 2020"	ING. RESP. : W.Z.S.
UBICACION	DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH	TÉCNICO : N.Z.S
TESISTA	LÓPEZ CORTÉS CARLOS ARMANDO LÓPEZ CRUZALEGUI BRAYAN ANDRÉ	FECHA : 17/09/20
CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO)	CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHO MEDINA	

**Diseño C.A. 4.5%**

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO			
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. 3/Lavado	gr		
ABERTURA EN mm	25.540	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr		
PESO RETENIDO	gr	0	515.0	695.0	715.0	1247.0	106.0	398.0	169.0	121.0	124.0	Peso Mat. Lav + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	3.0	10.7	11.0	19.2	2.9	15.4	5.9	5.6	5.6	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	3.0	13.7	24.7	43.9	46.7	62.1	68.0	73.6	79.2	Peso Inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	97.0	89.3	70.3	51.3	41.3	21.9	13.0	5.6	5.6	Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACION	%	100	85-100	67-85	60-77	43-54	29-46	14-25	8-17	4-8		Peso de Filler	gr	
ASFALTO LÍQUIDO												TRACCION	%	
TRAMO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														6500.0



**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

BRQUETAS		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	45.05	45.05	45.05	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.90	47.90	47.90	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.95	0.95	0.95	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1200.0	1201.6	1205.0	
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1204.6	1208.6	1204.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	685.0	686.0	679.0	
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	519.0	520.0	525.7	
13	PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0	
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13/9 parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (10-14)	c.c.	519.0	520.0	525.7	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.309	2.308	2.293	2.304
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.430	2.430	2.430	
18	VACÍOS (17-15)/100*17	%	5.0	5.0	5.8	5.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+8)		2.659	2.659	2.659	
20	V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/19)	%	15.0	15.0	15.6	15.2
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(25-18)/20	%	72.4	72.2	69.7	71.4
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+15)		2.604	2.604	2.604	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)	%	-1.22	-1.22	-1.22	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (4-23)/(3+4)/100	%	5.67	5.67	5.67	
25	FLUJO	mm	2.8	2.8	2.8	2 - 4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	894	890	942	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	894	890	942	892
29	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3187	3071	3067	3079
						1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

*[Firma]*  
 ING. WILSON ZELAYA SANTOS  
 CIP Nº 195373  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.25% DE ADICION DE PET)

TEMA : "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"

ING. RESP. : W.Z.B.

TÉCNICO : N.Z.B.

UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

FECHA : 17/09/20

TESISTA : LÓPEZ CORTÉS CARLOS ARMANDO  
NONATO CRUZALBOU BRAYAN ANDRÉ

CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO)

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHE MEDINA

Diseño C.A. 5.0 %

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr.	
ABERTURA EN mm	25.500	19.000	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO	0	518.0	695.0	715.0	1247.0	136.0	366.0	100.0	121.0	124.0	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	3.0	10.7	11.0	19.2	9.9	19.4	6.9	6.6	Peso de Asfalto	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	3.0	13.7	24.7	43.9	53.7	73.1	80.0	86.6	Peso inicial de Filtro	gr.	
PASA	%	100.0	97.0	86.3	70.3	51.2	41.3	21.9	13.0	6.6	Peso final de Filtro	gr.	
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	Peso de Filler	gr.	
ASFALTO LÍQUIDO											FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr.



1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.40	46.40	46.40	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.55	47.55	47.55	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1200.3	1200.0	1204.0	
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr.	1205.6	1204.0	1206.6	
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr.	692.0	690.3	691.2	
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	513.6	514.7	515.6	
13	PESO DE LA PARAFINA (10-6)	gr.	0.0	0.0	0.0	
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13Pe parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (10-14)	c.c.	513.6	514.7	515.6	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (6/15)	gr/cc	2.337	2.337	2.335	2.336
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.419	2.419	2.419	
18	VACÍOS (17-18)/100/17	%	3.4	3.4	3.4	3 - 5
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+6)		2.659	2.659	2.659	
20	V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/19)	%	17.4	17.4	17.5	Mín. 14
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100-(20-18)/20	%	80.6	80.7	80.5	
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+15)		2.613	2.613	2.613	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/19)-(20-18)/(22-18)	%	-1.09	-1.09	-1.09	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (4-23)/(3+4+100)	%	6.03	6.03	6.03	
25	FLUJO	mm	3.0	3.0	3.0	3 - 4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	951	970	954	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.04	1.00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	951	1009	954	Mín. 910
29	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3173	3363	3113	3215 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAY SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



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

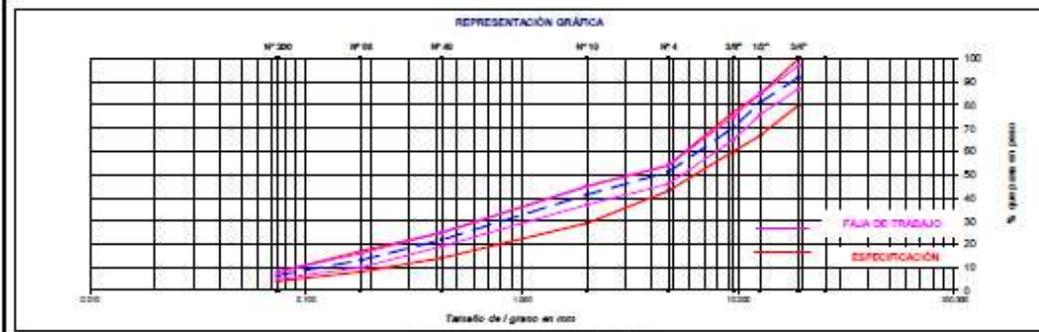
**DISÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.25% DE ADICION DE PET)**

TESIS: "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLIETILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCASH-2020"  
 UBICACION: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
 TESISTA: LÓPEZ CORTEZ CARLOS ARMANDO  
 NONATO CRUZALEQUE BRAYAN ANDRE  
 CANTERAS ARENA GRUESA: LA CARBONERA (CHERO)  
 CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3M: PANCHICO MEDINA

ING. RESP.: W.Z.B.  
 TÉCNICO: N.Z.S.  
 FECHA: 17/09/20

Diseño C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO			
TAMIZ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. Lavado	gr		
ABERTURA EN mm	25.400	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr		
PESO RETENIDO	gr	0	510.0	695.0	715.0	1247.0	190.0	300.0	190.0	121.0	124.0	Peso Mat. Lav + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	5.0	10.7	11.0	19.2	9.9	19.4	3.9	0.4	0.6	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	5.0	15.7	26.7	45.9	55.7	75.1	87.0	92.4	100.0	Peso inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	95.0	89.3	70.3	51.2	41.3	21.9	13.0	0.6		Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACION	%	100	90-100	67-88	60-77	40-54	29-45	14-26	8-17	4-8		Peso de Filtro	gr	
ASFALTO LÍQUIDO												FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														656.0
														6560.0



**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.95	46.95	46.95	46.95	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.40	47.40	47.40	47.40	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00	
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.895	2.895	2.895		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1209.6	1208.6	1205.5		
10 PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1209.6	1212.5	1212.5		
11 PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	692.0	691.5	691.6		
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	c.c.	516.0	521.0	516.7		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-8)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13Ps parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	516.0	521.0	516.7		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (8-15)	gr/c.c.	2.320	2.320	2.324	2.322	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-3041		2.400	2.400	2.400		
18 VACÍOS (17-16)/10017	%	3.3	3.5	3.3	3.4	3 - 5
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+6)/(26+37+48)		2.939	2.939	2.939		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/12)	%	18.3	18.4	18.3	18.4	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100-(20-18)/20	%	81.8	81.2	81.8	81.6	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+6)/(100/17+1/5)		2.919	2.919	2.919		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (18/6/22-19)/(22/18)	%	-1.04	-1.04	-1.04		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23/12-3+6)/100	%	6.40	6.40	6.40		
25 FLUJO	mm	3.3	3.3	3.0	3.1	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	825	827	808		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	825	827	808	820	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	3080	3069	3027	2973	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP Nº 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

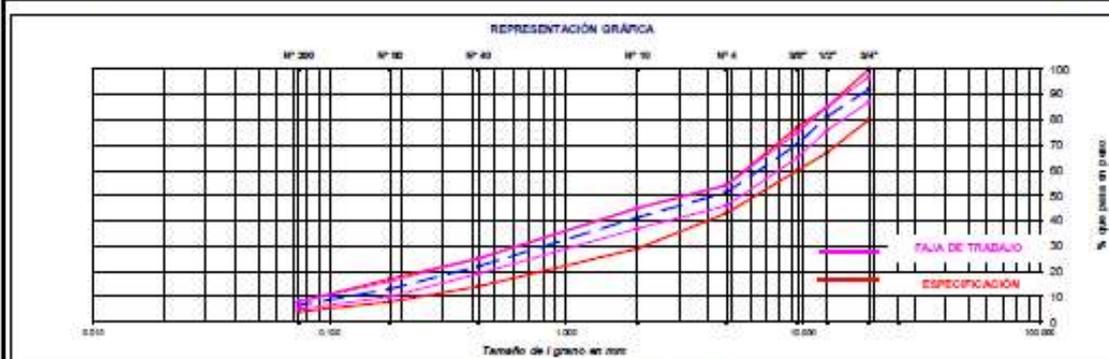
### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.25% DE ADICIÓN DE PET)

TEMA: "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONÁNDOLE POLEILENO DE TEREFALATO (PET) EN PORCENTAJES DE 0.75%, 1% Y 1.25%, NUEVO CHIMBOTE, ANCAASH-2020"  
UBICACIÓN: DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCAASH  
TESISTA: LÓPEZ CORTÉS CARLOS ARMANDO  
CANTERAS ARENA GRUESA : LA CARBONERA (CHERO) | CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : PANCHE MEDINA

INGL. RESP. : W.Z.S.  
TÉCNICO : N.Z.S.  
FECHA : 17/09/20

Diseño C.A. 6.0 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO			
TAMIZ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr	
ABERTURA EN mm	25.540	19.050	12.750	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	518.0	695.0	715.0	1267.0	105.0	305.0	160.0	124.0	Peso Mat. Lav + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.0	10.7	11.0	19.2	9.9	19.4	8.9	5.4	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.0	18.7	29.7	48.9	58.7	78.1	87.0	92.4	Peso Inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	92.0	81.3	70.3	51.2	41.3	21.8	13.0	5.6	Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100	87-95	80-77	43-54	29-46	14-25	8-17	4-8	Peso de Filtro	gr	
ASFALTO LÍQUIDO											FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr
													365.0
													690.0



### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	45.90	45.90	45.90		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.14	47.14	47.14		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1205.0	1204.3	1201.6		
10 PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1208.8	1209.4	1207.8		
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	681.0	686.0	684.0		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	cc	527.6	524.4	523.6		
13 PESO DE LA PARAFINA (10g)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13Pa parafina)	cc	0.0	0.0	0.0		
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	cc	527.6	524.4	523.6		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (R15)	gr/cc	2.284	2.297	2.294	2.291	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.304	2.304	2.304		
18 VACÍOS (17-16)/100%V	%	4.2	3.7	3.8	3.9	3 - 5
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+18)		2.609	2.600	2.600		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(19/19)	%	30.1	19.7	18.0	19.9	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100/25-19/20	%	79.1	81.4	80.9	80.5	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17+18)		2.614	2.614	2.614		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/19-(25-19)/(22/19)	%	-1.07	-1.07	-1.07		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (42/25+3+4)/100	%	7.01	7.01	7.01		
25 FLUJO	mm	3.8	3.8	3.8	3.8	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	817	811	820		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	817	811	820	816	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	2289	2283	2278	2287	1730 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

IMP. WALSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP Nº 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

# ANEXO 5- CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

Fecha de emisión	2020/01/14
Solicitante	GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
Dirección	JR. TANGAY MZA B LOTE 7 P.J. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
Instrumento de medición	PRESA CBR CON CELDA DE CARGA
Identificación	026-003-2020
Marca Prensa	SHERMAN
Modelo	NO INDICA
Serie	NO INDICA
Celda de Carga	TIPO 5
Modelo	H3-C3-5.0T-6B
Indicador	DIGITAL
Modelo	X8
Serie	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Lugar de calibración	Laboratorio de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
Fecha de calibración	2020/01/12
Método/Procedimiento de calibración	El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-16 , Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni da una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnice  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 138851

## ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 5 TN	MT-LF-263-2019 con trazabilidad INF-LE 030-198.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °c	Final: 18,0 °C
Humedad Relativa	Inicial: 87 %hr	Final: 87 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01

CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON ( Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR	
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %		Ep %	Rp %
500	499.8	499.3	-0.04	-0.14	499.6	-0.09	0.07
1000	999.4	999.5	-0.06	-0.05	999.5	-0.05	0.01
1500	1499.6	1499.8	-0.03	-0.01	1499.7	-0.02	0.01
2000	2000.9	2000.8	0.05	0.04	2000.9	0.04	0.00
2500	2500.2	2500.5	0.01	0.02	2500.4	0.01	0.01
3000	3000.2	3000.8	0.01	0.03	3000.5	0.02	0.01
3500	3500.9	3500.5	0.03	0.01	3500.7	0.02	0.01
4000	4000.8	4000.2	0.02	0.00	4000.5	0.01	0.01

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E4-16
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



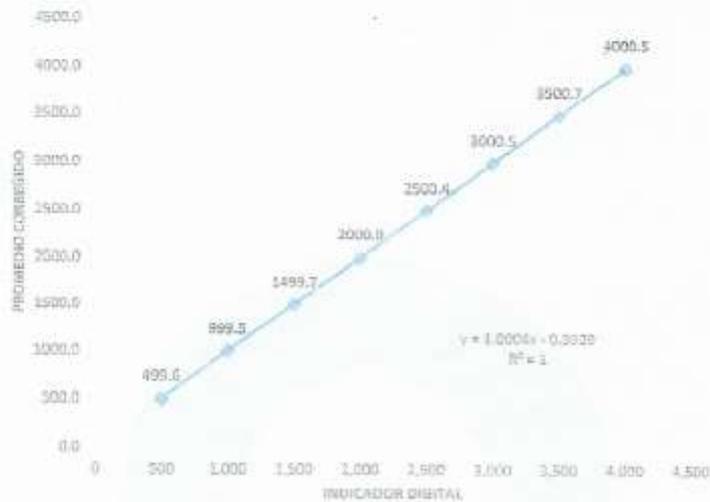
  
Ing. Hugo Luis Arévalo Camico  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 138951

ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde:  $y = 1,0004x - 0,5929$

Coeficiente Correlación  $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 %
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

  
Ing. Hugo Luis Arévalo Camica  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 138951



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyna, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com

Fecha de emisión 2020/01/14

Solicitante **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Dirección JR. TANGAY MZA B LOTE 7 P.J. 3 DE OCTUBRE -  
NUEVO CHIMBOYE - SANTA - ANCASH

Instrumento de medición **DÍAL INDICADOR**

Identificación 027-003-2020

Marca LITZ GERMANY

Módulo NO INDICA

Serie 21278

Sensibilidad 25mm - 0,01mm

Procedencia GERMANY

Lugar de calibración Laboratorio de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES  
E.I.R.L.

Fecha de calibración 2020/01/12

**Método/Procedimiento de calibración**

Se determinó el error de indicación de los Diales por comparación con nuestro Patrón Digital. Se aplicaron tres series de medición al dial mediante el mismo mecanismo de desplazamiento. En cada serie se registraron las lecturas correspondientes.

  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnico  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 138951

**ARSOU GROUP S.A.C.**

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyna, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	DIAL DIGITAL - ACCUD	LLA-C-091-2018

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °C	Final: 18,4 °C
Humedad Relativa	Inicial: 61 %hr	Final: 62 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01  
CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA

DIAL INDICADOR PATRÓN mm	LECTURA DE DIAL DE EXPANSIÓN			SERIE PROMEDIO mm
	SERIE (1) mm	SERIE (2) mm	SERIE (3) mm	
0.50	0.490	0.490	0.500	0.4933
1.00	1.000	0.990	1.000	0.9967
1.50	1.500	1.500	1.490	1.4967
2.00	2.000	2.000	2.000	2.0000
2.50	2.500	2.500	2.500	2.5000
3.00	3.000	3.000	2.900	2.9667
4.00	3.900	3.800	4.000	3.9000
5.00	4.900	4.900	5.000	4.9333
6.00	6.000	5.900	5.900	5.9333
7.00	7.000	6.900	7.000	6.9667
8.00	8.000	8.000	8.000	8.0000
9.00	9.000	9.000	9.000	9.0000

  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 138851

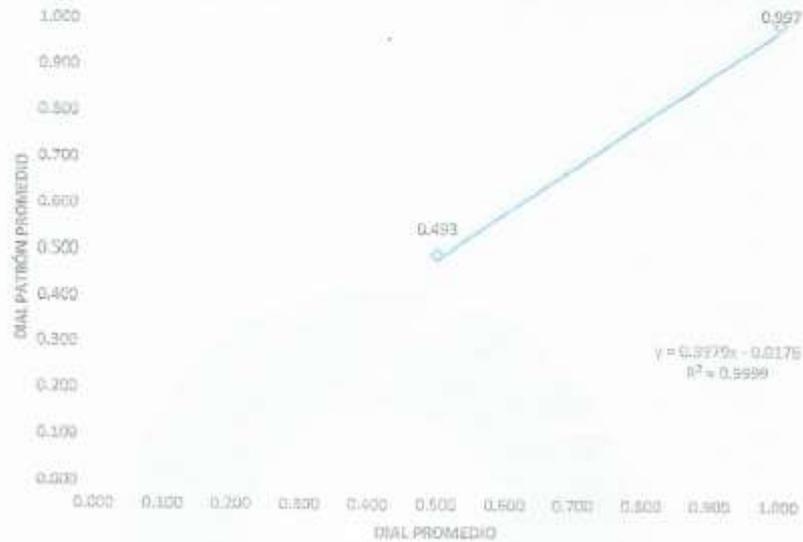


ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-2680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde:  $y = 0,9979x - 0,0176$

Coefficiente de Correlación:  $R^2 = 1$

X : Lectura dial (in)

Y : Promedio Lectura dial Patrón (in)



  
Ing. Hugo Luis Arévalo Gamica  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 138851

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

**ARSOU GROUP S.A.C.**

Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyna, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com.pe  
www.arsougroup.com

## ANEXO 6 – CONSTANCIA DE SUNAT

10/10/2020

Consulta RUC: versión Imprimible

<b>CONSULTA RUC: 20604190640 - GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>			
<b>Número de RUC:</b>	20604190640 - GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		
<b>Tipo Contribuyente:</b>	EMPRESA INDIVIDUAL DE RESP. LTDA		
<b>Nombre Comercial:</b>	-		
<b>Fecha de Inscripción:</b>	09/02/2019	<b>Fecha Inicio de Actividades:</b>	09/02/2019
<b>Estado del Contribuyente:</b>	ACTIVO		
<b>Condición del Contribuyente:</b>	HABIDO		
<b>Dirección del Domicilio Fiscal:</b>	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE		
<b>Sistema de Emisión de Comprobante:</b>	MANUAL	<b>Actividad de Comercio Exterior:</b>	SIN ACTIVIDAD
<b>Sistema de Contabilidad:</b>	MANUAL		
<b>Actividad(es) Económica(s):</b>	Principal - 7110 - ACTIVIDADES DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA Y ACTIVIDADES CONEXAS DE CONSULTORÍA TÉCNICA		
<b>Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816):</b>	NINGUNO		
<b>Sistema de Emisión Electrónica:</b>	FACTURA PORTAL DESDE 21/08/2019		
<b>Afiliado al PLE desde:</b>	-		
<b>Padrones :</b>	NINGUNO		

# ANEXO 7- CONSTANCIA DE COVID-19

Ilustración 5 Constancia COVID-19



Página 1 de 2

## CONSTANCIA DE REGISTRO N° 065535-2020

EL MINISTERIO DE SALUD, A TRAVÉS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD-INS, HACE CONSTAR MEDIANTE LA PRESENTE QUE:

EMPRESA	<b>GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>
RUC	<b>20604190640</b>
SECTOR	<b>Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento</b>

HA REGISTRADO CON FECHA 18/06/2020 SU PLAN PARA LA VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DEL COVID-19 EN EL TRABAJO, CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LA R.M. 239-2020-MINSA Y SUS NORMAS MODIFICATORIAS.



7089b553

Jesús María, 18 de Junio del 2020

MINISTERIO DE SALUD  
¡La Salud Nos Une!

La información consignada en el SICCOVID, tiene carácter de declaración jurada / ha sido remitida a las instancias de focalización correspondiente.

## ANEXO 8 – PROCEDIMIENTO ANALISIS DE VARIANZA

### 1-Tipeo de los datos a procesar

C.A. en peso de la mezcla	Und.	Patrón 5.40%	PET-0.75 5.30%	PET-1.00 5.30%	PET-1.25 5.00%	
Vacios	%	4	3.2	3.5	3.5	3 a 5
V.M.A. vacíos del agregado mineral	%	15.5	16.2	16.3	16.6	+14
Flujo	mm	2.9	3	3	3	2 a 4
Estabilidad corregida	kg	1022	1183	1199	954	+ 800
Estabilidad-flujo	kg/cm	3487	3988	3998	3179	1400 a 4000

### 2 – Calculo mediante el software excel

Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

Grupos		Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Patrón	C.A. 5.40%	5	4531.4	906.28	2274300.12
PET-0.75	C.A. 5.30%	5	5193.4	1038.68	2977408.49
PET-1.00	C.A. 5.30%	5	5219.8	1043.96	2993157.38
PET-1.25	C.A. 5.00%	5	4156.1	831.22	1890455.09

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	163056.7295	3	54352.24317	0.02145063	0.995560974	3.238871517
Dentro de los grupos	40541284.34	16	2533830.271			
Total	40704341.07	19				

### 3 – Verificación en la tabla Fisher

**Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER**

$1 - \alpha = 0.9$

$v_1$  = grados de libertad del numerador

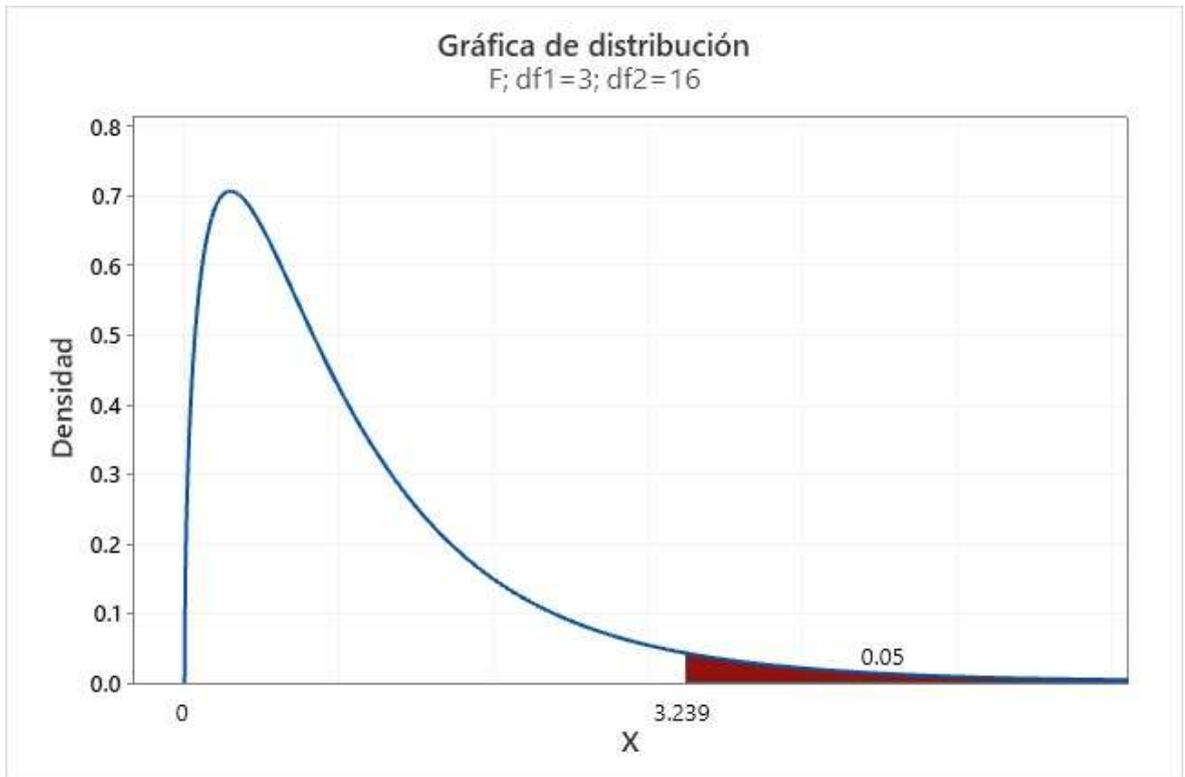
$1 - \alpha = P(F \leq f_{\alpha, v_1, v_2})$

$v_2$  = grados de libertad del denominador

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	39.000	49.000	53.500	55.833	57.240	58.204	58.906	59.439	59.857	60.195	60.473	60.705	60.902	61.073	61.220	61.350	61.465	61.566	61.656	61.740
2	8.526	9.000	9.162	9.243	9.293	9.326	9.349	9.367	9.381	9.392	9.401	9.408	9.415	9.420	9.425	9.429	9.433	9.436	9.439	9.441
3	5.538	5.462	5.391	5.343	5.309	5.285	5.266	5.252	5.240	5.230	5.222	5.216	5.210	5.205	5.200	5.196	5.193	5.190	5.187	5.184
4	4.545	4.325	4.191	4.107	4.051	4.010	3.979	3.955	3.936	3.920	3.907	3.896	3.886	3.876	3.870	3.864	3.859	3.853	3.848	3.844
5	4.060	3.780	3.619	3.520	3.453	3.405	3.368	3.339	3.316	3.297	3.282	3.269	3.257	3.247	3.238	3.230	3.223	3.217	3.212	3.207
6	3.776	3.463	3.289	3.181	3.108	3.055	3.014	2.983	2.958	2.937	2.920	2.905	2.892	2.881	2.871	2.863	2.855	2.848	2.842	2.836
7	3.589	3.257	3.074	2.961	2.883	2.827	2.785	2.752	2.725	2.703	2.684	2.668	2.654	2.643	2.632	2.623	2.615	2.607	2.601	2.595
8	3.458	3.113	2.924	2.806	2.726	2.668	2.624	2.589	2.561	2.538	2.519	2.502	2.488	2.475	2.464	2.454	2.446	2.438	2.431	2.425
9	3.360	3.005	2.813	2.693	2.611	2.551	2.505	2.469	2.440	2.416	2.396	2.379	2.364	2.351	2.340	2.330	2.320	2.312	2.305	2.298
10	3.285	2.924	2.728	2.605	2.522	2.461	2.414	2.377	2.347	2.323	2.302	2.284	2.269	2.255	2.244	2.233	2.224	2.215	2.208	2.201
11	3.225	2.860	2.660	2.536	2.451	2.389	2.342	2.304	2.274	2.248	2.227	2.209	2.193	2.179	2.167	2.156	2.147	2.138	2.130	2.123
12	3.177	2.807	2.603	2.478	2.391	2.328	2.281	2.242	2.212	2.185	2.164	2.146	2.130	2.117	2.105	2.094	2.084	2.075	2.067	2.060
13	3.136	2.763	2.556	2.431	2.343	2.280	2.233	2.194	2.164	2.137	2.116	2.097	2.080	2.068	2.056	2.045	2.035	2.026	2.018	2.011
14	3.102	2.726	2.517	2.391	2.302	2.239	2.192	2.153	2.123	2.095	2.074	2.055	2.037	2.024	2.012	2.001	1.991	1.982	1.974	1.967
15	3.073	2.695	2.484	2.357	2.267	2.204	2.157	2.118	2.088	2.059	2.037	2.018	2.000	1.987	1.975	1.964	1.954	1.945	1.937	1.930
16	3.048	2.668	2.455	2.328	2.237	2.174	2.127	2.088	2.058	2.029	2.006	1.987	1.969	1.956	1.944	1.933	1.923	1.914	1.906	1.899
17	3.026	2.645	2.431	2.303	2.212	2.149	2.102	2.063	2.033	2.004	1.981	1.962	1.944	1.930	1.918	1.907	1.897	1.888	1.880	1.873
18	3.007	2.624	2.410	2.281	2.190	2.127	2.080	2.041	2.011	1.982	1.959	1.940	1.921	1.907	1.895	1.884	1.874	1.865	1.857	1.850
19	2.990	2.605	2.390	2.261	2.170	2.107	2.060	2.021	1.991	1.962	1.939	1.920	1.901	1.887	1.875	1.864	1.854	1.845	1.837	1.830
20	2.975	2.589	2.373	2.244	2.153	2.090	2.043	2.004	1.974	1.945	1.922	1.903	1.884	1.870	1.858	1.847	1.837	1.828	1.820	1.813
21	2.961	2.575	2.358	2.229	2.138	2.075	2.028	1.989	1.959	1.930	1.907	1.888	1.869	1.855	1.843	1.832	1.822	1.813	1.805	1.798
22	2.948	2.561	2.343	2.214	2.123	2.060	2.013	1.974	1.944	1.915	1.892	1.873	1.854	1.840	1.828	1.817	1.807	1.798	1.790	1.783
23	2.937	2.549	2.330	2.201	2.110	2.047	1.999	1.960	1.930	1.901	1.878	1.859	1.840	1.826	1.814	1.803	1.794	1.785	1.777	1.770
24	2.927	2.538	2.318	2.189	2.098	2.035	1.987	1.948	1.918	1.889	1.866	1.847	1.828	1.814	1.802	1.791	1.782	1.773	1.765	1.758
25	2.918	2.528	2.307	2.178	2.087	2.024	1.976	1.937	1.907	1.878	1.855	1.836	1.817	1.803	1.791	1.780	1.771	1.762	1.754	1.747
26	2.909	2.519	2.297	2.168	2.077	2.014	1.966	1.927	1.897	1.868	1.845	1.826	1.807	1.793	1.781	1.770	1.761	1.752	1.744	1.737
27	2.901	2.511	2.289	2.160	2.069	2.006	1.958	1.919	1.889	1.860	1.837	1.818	1.799	1.785	1.773	1.762	1.753	1.744	1.736	1.729
28	2.894	2.503	2.281	2.152	2.061	1.998	1.950	1.911	1.881	1.852	1.829	1.810	1.791	1.777	1.765	1.754	1.745	1.736	1.728	1.721
29	2.887	2.495	2.273	2.144	2.053	1.990	1.942	1.903	1.873	1.844	1.821	1.802	1.783	1.769	1.757	1.746	1.737	1.728	1.720	1.713
30	2.881	2.489	2.266	2.137	2.046	1.983	1.935	1.896	1.866	1.837	1.814	1.795	1.776	1.762	1.750	1.739	1.730	1.721	1.713	1.706
40	2.835	2.440	2.216	2.087	1.996	1.933	1.885	1.846	1.816	1.787	1.764	1.745	1.726	1.712	1.700	1.689	1.680	1.671	1.663	1.656
50	2.809	2.412	2.187	2.058	1.967	1.904	1.856	1.817	1.787	1.758	1.735	1.716	1.697	1.683	1.671	1.660	1.651	1.642	1.634	1.627
60	2.791	2.393	2.167	2.038	1.947	1.884	1.836	1.797	1.767	1.738	1.715	1.696	1.677	1.663	1.651	1.640	1.631	1.622	1.614	1.607
70	2.779	2.380	2.154	2.025	1.934	1.871	1.823	1.784	1.754	1.725	1.702	1.683	1.664	1.650	1.638	1.627	1.618	1.609	1.601	1.594
80	2.769	2.370	2.144	2.015	1.924	1.861	1.813	1.774	1.744	1.715	1.692	1.673	1.654	1.640	1.628	1.617	1.608	1.599	1.591	1.584
90	2.762	2.363	2.137	2.008	1.917	1.854	1.806	1.767	1.737	1.708	1.685	1.666	1.647	1.633	1.621	1.610	1.601	1.592	1.584	1.577
100	2.756	2.356	2.130	2.001	1.910	1.847	1.799	1.760	1.730	1.701	1.678	1.659	1.640	1.626	1.614	1.603	1.594	1.585	1.577	1.570
200	2.731	2.329	2.111	1.973	1.872	1.809	1.761	1.722	1.692	1.663	1.640	1.621	1.602	1.588	1.576	1.565	1.556	1.547	1.539	1.532
500	2.716	2.313	2.095	1.957	1.856	1.793	1.745	1.706	1.676	1.647	1.624	1.605	1.586	1.572	1.560	1.549	1.540	1.531	1.523	1.516
1000	2.711	2.308	2.089	1.951	1.850	1.787	1.739	1.700	1.670	1.641	1.618	1.599	1.580	1.566	1.554	1.543	1.534	1.525	1.517	1.510

Elaborada por Irene Patricio Valdez y Alfaro.

#### 4 – Elaboración de Curva Fisher



## ANEXO 9 - PANEL FOTOGRÁFICO



Foto nº 1 Pesado del PET



Foto nº 2 Ensayo - Análisis Granulométrico



Foto nº 3 Análisis Granulométrico A.F.



Foto nº 4 Contenido de humedad A.F.



Foto nº 5 Contenido de humedad A.G.



Foto nº 6 Ensayo - Abrasión los Ángeles



Foto nº 7 Combinación de los Agregados



Foto nº 8 Verificación de la temperatura



Foto nº 9 Llenado de los agregados al molde



Foto nº 10 Compactación con el martillo



Foto nº 11 Preparación y compactación de la briqueta



Foto nº 12 Muestra patrón



Foto nº 13 Muestra con PET al 0.75%



Foto nº 14 Ensayo rice(sumergido)

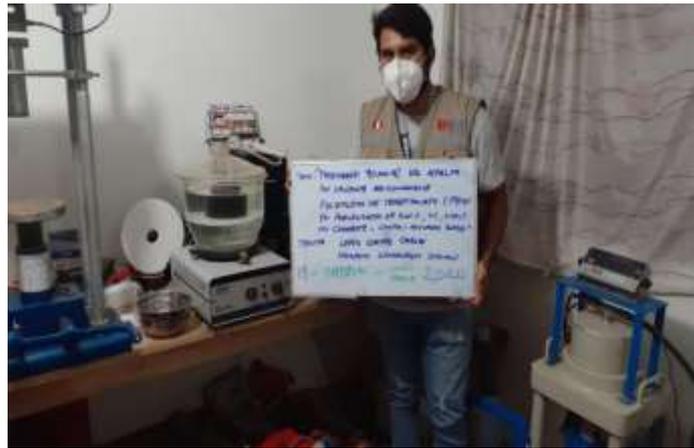


Foto nº 15 Ensayo rice(sumergido)



Foto nº 16 Ensayo Marshall (compresión)



Foto nº 17 Ensayo Marshall (compresión)



Foto nº 18 Muestra después del ensayo Marshall



Foto nº 19 Muestra con 1.00 de PET



Foto 20 Muestras con 1.25% de PET