



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propiedades Mecánicas de un Pavimento Flexible Sustituyendo al Agregado  
Fino por el 12% de Vidrio Molido en Avenida Jorge Chávez – Coishco

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Cordova Moreno, Jose Enrique (ORCID: 0000-0001-8698-1679)

**ASESOR:**

Mg. López Carranza, Atilio Rubén (ORCID: 0000-0002-3631-2001)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

A Dios, por iluminarme en el camino de mi profesión y siempre rodearme de buenas personas las que me apoyan y aconsejan.

A mis Padres: José Cordova Ríos y Kelita Moreno Ramos por siempre confiar en mí a pesar de las adversidades de la vida, por cuidarme, aconsejarme de los riesgos y peligros que hay en la vida y procurar darme la mejor educación y hacerme una persona de bien.

## **Agradecimiento**

A mi familia por los cuidados y por el apoyo constante para con la carrera.

A los profesionales y técnicos que me apoyaron en el trabajo y de quienes pude aprender mucho de las labores en campo de Ingeniería Civil.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO.....	14
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipos y diseño de Investigación.....	24
3.2. Variable y Operacionalización.....	25
3.3. Población, muestra y muestreo, unidades de análisis.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos.....	27
3.6. Método de análisis de datos.....	27
3.7. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS.....	53



## Índice de tablas

	Pág.
Tabla N° 1: Clasificaciones de las Mezclas Asfálticas.....	16
Tabla N° 2: Composición química del Vidrio Molido .....	29
Tabla N° 3: Determinación del potencial del hidrógeno .....	30
Tabla N° 4: Resultado de la granulometría para la dosificación de mezcla .....	31
Tabla N° 5: Cálculo de asfalto .....	33
Tabla N° 6: Promedios de resultados de mezcla original .....	33
Tabla N° 7: Resultados de mezcla original .....	37
Tabla N° 8: Promedios de resultados de mezcla experimental .....	38
Tabla N° 9: Resultados de mezcla experimental .....	42

## Índice de gráficos y figuras

	Pág.
Gráfico N° 1: Curva de la mezcla .....	32
Gráfico N° 2: Densidad VS % de asfalto .....	34
Gráfico N° 3: Estabilidad VS % de asfalto .....	34
Gráfico N° 4: Volumen de vacíos VS % de asfalto.....	35
Gráfico N° 5: Porcentajes de vacíos llenados C/C.A VS % de asfalto .....	35
Gráfico N° 6: Porcentaje de vacíos cubierto con asfalto .....	36
Gráfico N° 7: Flujo.....	36
Gráfico N° 8: Resultados de estabilidad/ flujo.....	37
Gráfico N° 9: Densidad VS el 12% de vidrio molido .....	39
Gráfico N° 10: Estabilidad VS el 12% de vidrio molido .....	39
Gráfico N° 11: Volumen de vacíos .....	40
Gráfico N° 12: Porcentaje de vacíos llenados C/C. A.....	40
Gráfico N° 13: Porcentaje de vacíos cubierto con asfalto .....	41
Gráfico N° 14: Flujo.....	41
Gráfico N° 15: Estabilidad/flujo .....	42

## Resumen

La presente investigación tiene como finalidad fundamental determinar las propiedades mecánicas de un pavimento flexible con sustitución del 12% de vidrio molido, su factibilidad es para uso en los trabajos de pavimentación de nuestra realidad.

Se utilizó agregado fino y grueso de la cantera Rubén, el PEN (cemento asfáltico) de la cantera Utexes y la recolección del vidrio fue en los alrededores del distrito de Coishco.

Este proyecto se ejecutó en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro de Chimbote, donde se realizó un diseño de mezcla asfáltica convencional (15 briquetas patrones), y un diseño de mezcla asfáltica experimental (15 briquetas experimentales) con porcentajes 4.5%, 5%, 5.5% y 6% de cemento asfáltico, sustituyendo al agregado fino por el 12 % de vidrio molido, estas briquetas se diseñaron en un molde cilíndrico con una altura de 2½" (63.5mm) y con un diámetro de 4" (102 mm) las cuales fueron fabricadas mediante el Método Marshall, según la norma MTC E 504 y ASTM D 1559.

Como resultado en este proyecto se obtuvo 5.88 % cemento asfáltico para la muestra patrón y para la muestra experimental 6.10% cemento asfáltico el cual supera a la muestra patrón en relación estabilidad/flujo y cumple con los límites de especificación según las normas MTC E 504 y ASTM D 1559.

**Palabras clave:** vidrio, pavimentos, asfalto, mezclas asfálticas.

## **Abstract**

The main purpose of this research is to determine the mechanical properties of a flexible pavement with 12% replacement of ground glass, its feasibility is for use in the paving works of our reality.

Thin and coarse aggregates from the Rubén quarry, the PEN (asphalt cement) from the Utexes quarry were used and the collection of the glass was in the vicinity of the Coishco district.

In this project, a pattern asphalt mix design (15 standard briquettes), and an experimental asphalt mixing design (15 experimental briquettes) were made, replacing 12% of ground glass with the fine aggregate, these were designed in a cylindrical mold with a height of 2½ "(63.5mm) and with a diameter of 4" (102 mm) which were manufactured by the Marshall Method, according to MTC E 504 and ASTM D 1559. This project was executed in the soil laboratory of the San Pedro University of Chimbote

As a result of this project, 5.88% asphalt cement was obtained for the standard sample and for the experimental sample 6.10% asphalt cement which exceeds the standard sample in stability / flow ratio and meets the specification limits according to the MTC E 504 norms and ASTM D 1559.

**Keywords:** glass, pavements, asphalt, asphalt mixtures.

# I. INTRODUCCIÓN

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú es el país con menos carreteras Asfaltadas y con carreteras en mal estado. En la región ANCASH en los últimos tiempos ha crecido considerablemente la cantidad vehicular, por lo cual se exigen que las vías pavimentadas deben contar con mejores características físicas y con eficacia acorde a sus necesidades. Sin embargo, lo que se necesita considerar es un impacto ecológico donde generaría menos inversión y más ganancia o ingreso para el país.

En el planeta existen diversos estudios acerca de pavimentos ecológicos que se han mezclado con plásticos, vidrio molido, etc. El vidrio es un material que puede reciclarse muchas veces sin cambiar sus propiedades químicas.

Lo que ocasiona el mejor uso de los recursos naturales por un “Desarrollo Sostenible”, provocando un reto para el ser humano, por esta razón, los países están interesados en tener los medios de utilizar componentes reciclados en el sector construcción, en el cual el utilizar el componente reciclado en vez de los componentes vírgenes está beneficiando la calidad del medio ambiente y el mantenimiento de las canteras de materiales pétreos. Se debería inventar procesos constructivos que tomen en cuenta las 3R, descubriendo un gran estudio de la ciencia para la utilización de nuevos métodos y a la vez evitan el decaimiento de los elementos de la naturaleza.

Es fundamental indicar que hasta la fecha en nuestro país no se han diseñado mezclas asfálticas en caliente con la sustitución de vidrio molido, pero existen investigaciones realizadas en países como EE. UU, Colombia y Ecuador. El ser humano, ha producido vías de transporte para acceder la unión de un lugar con otro para que se obtengan beneficios sociales y económicos. Hoy en día, el mundo se encuentra interconectado por carreteras y autopistas. En el mundo anualmente, se edifican muchos kilómetros de caminos con pavimentos en caliente y en frío.

En el PERU debido a su clima se originan deformaciones permanentes en los pavimentos. También debido al crecimiento de sus pobladores, lo que genera tener que realizar trabajos de instalación de agua y desagüe; lo que involucra a diario el rompimiento y parchado de los pavimentos, lo que manifiesta un daño económico muy grande para la zona de trabajo. Esta postura se desmejora por el colapso persistente de las redes de alcantarillado del país que contienen muchos años de antigüedad en el centro urbano.

En los últimos años en el Distrito Coishco se ha observado que el incremento de la población y del tráfico está ocasionando que en los pavimentos flexible construidos en las carreteras existentes reduzcan su vida útil, por ello en las avenidas y en la calle Alcides Carrión del distrito, vienen presentando fallas de diversos tipos, tales

como son: fisuras, grietas, hundimientos, baches y otros, que impactan la clase de tráfico y esto genera una mala visión para el distrito ya que es una calle principal.

Por ello este proyecto propone reutilizar un material nuevo, ecológico e innovador para la construcción o reparación de un sistema vial, en el cual se utilizó el vidrio molido sustituyendo al agregado fino en una mezcla asfáltica, ya que se conoce que este componente contiene un coeficiente permeable similar a la arena gruesa.

Teniendo como base, los siguientes trabajos previos.

Freire, K. (2018) "Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas con el propósito de reducir la contaminación", Pontificia Universidad Católica Del Ecuador; determinar si el asfalto con el uso del vidrio molido conduce a aparecer las diversas cargas a las que será juzgado, o al vicisitud de temperaturas, para eludir que se ocasionen daños, sus ventajas y desventajas, aptitud e interés de su implementación con vidrio vapuleado en una agrupación asfáltica con porcentajes de 0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% de vidrio molido, se realizaron 15 briquetas con porcentajes de 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7% de asfalto, con ambos porcentajes se analizaron para calcular cuál es la proporción deseada de asfalto y vidrio con el que es idóneo producir concluyendo que los efectos conseguidos es del 12% de vidrio puesto que ejecuta con la compensación, fervor y % de vacíos, empero, si se quitara agregado fino, el % de vidrio que se le aumenta a la agrupación asfáltica sería mayor porque así se impide que la agrupación se transforme en inflexible. Al santiamén de actuar la concreción del % magnífico de asfalto se obtuvo el 6% de asfalto, concluyendo que, si se adiciona el % de vidrio, el flujo adiciona regresando a la agrupación inflexible y al emplear en una lámina asfáltica producirá fusilamientos temprano, por la existencia de bastante material fino.

Abu, Z., Khedawi, T., Bani, M. y Abende, R. (2018) "Efecto de los residuos de vidrio en las propiedades de las mezclas de asfalto de hormigón", Universidad de Jordania; tiene como objetivo de estudiar el rendimiento de la mezcla de concreto asfáltico, donde algunos de los agregados finos fraccionados se sustituyen con diferentes porcentajes de materiales de vidrio del 5%, 10%, 15% y 20, se utilizó el diseño Marshall para examinar la influencia de la capacidad inmejorable de pavimento (O.A.C.) en diferentes porcentajes de vidrio molido y la resistencia contra el agua. El contenido de aglomerante óptimo se encontró que era 5.75% para 0%, 5.615% para 5%, 5.35% para el 10%, 5,65% para el 15% y 5,68% para el 20%. El vidrio cumple con todos los requisitos según los límites de especificación tales como; Estabilidad (> 550 kg), Flujo (0.08 -0.16), concluyendo que los residuos de vidrios molidos pueden ser utilizados en mezclas de asfalto, con el tamaño máximo de 2,36 mm y la óptima proporción de reemplazo del 10% y que el empleo del vidrio molido en pavimento flexible puede disminuir la contaminación y los problemas ambientales.

Paredes, A. (2019), "Análisis de la resistencia a la compresión del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de vidrio reciclado molido", Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, se planteó estudiar la tolerancia a la condensación del concreto  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con adicionando vidrio reciclado, el presente trabajo es tipo experimental porque tiene como meta calibrar un atributo sustancioso en el concreto utilizando componentes de reciclaje en su símbolo, de tal modo que autorice determinar el objetivo de su uso, considerándolo como un componente opcional para posteriores obras civiles, concluyendo que el material fino originario del río Cumbaza, del sector 03 de octubre, se encontraron errores con respecto a propiedades granulométricas, pero, sirven en el borrador de mezclas de concreto y las propiedades químicas de los agregados pétreos se hallan adentro de los establecido en las norma tomada en cuenta, por lo que tienen la capacidad ser usado para la mezcla de concreto .

Luque, m. (2019), "Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico – Juliaca, 2018", Universidad Nacional del Altiplano - Puno, tiene como objetivo investigar la predominación de la integración del tereftalato de polietileno en el accionar de los parámetros del diseño Marshall del pavimento, tipo del presente trabajo de investigación es experimental, para lograr tal fin se realizó el desarrollo experimental en las infraestructura del laboratorio de mecánica de suelos, materiales y pavimentos y el nivel es correlacional en mérito a que se analiza la correlación existente entre la variable independiente (cantidad de PET en porcentaje) y la variable dependiente (parámetros del diseño Marshall) concluyendo que la integración del tereftalato de polietileno en el concreto asfáltico en un % del 6.70%, como parte del asfalto y usando el procedimiento seco para su integración, facilita lograr una rápida mejora en el accionar de los parámetros del diseño Marshall, por lo cual se le puede tener en cuenta como correspondiente para ser utilizado como elemento del pavimento flexible, sin embargo esto no implica correlación entre el porcentaje de PET y los parámetros Marshall.

Melendrez, C. y Pinedo, W. (2020), "Efecto del vidrio molido reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera La Soledad", Universidad Cesar Vallejo - Trujillo, su objetivo es evaluar el efecto que ocasiona el material que reciclaron para la preparación de la pavimento flexible, usando agregados de la cantera "La Soledad", el tipo de investigación es cuantitativa por el enfoque, transversal por su temporalidad, explicativo por el nivel de alcance que presenta, de tipo básica por su finalidad, y de laboratorio, concluyendo que las propiedades por el método de análisis granulométrico de los agregados extraídos de la cantera La Soledad que se usó con la finalidad de afirmar que cumpla con el número de tamices establecidos en los parámetros de la norma (MTC E-204), logrando obtener resultados satisfactorios y seguidamente efectuar el proyecto de pavimento flexible.



Torres, J. (2019), "Uso del vidrio reciclado en el diseño de Mezcla Asfáltica para la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa Margarita- Piura", 2018. Universidad Cesar Vallejo - Piura, tiene como propósito general considerar la utilización del vidrio en reciclaje en la preparación del asfalto que usaran para la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Primordial de Santa Margarita - Piura, 2018, es de tipo exploratoria porque quiere ofrecer satisfacción a unos inconvenientes frecuente, simultáneamente investigar desde una visión creativa como la utilización de material reciclable (vidrio) otorgándole la utilización agregada para la estructura de asfalto en caliente prestando asistencia a los procedimiento sostenible de la carrera, llegando a la conclusión que la mezcla empleada de asfalto con 10% vidrio reciclado en polvo que se empleara para un m2 de área de rodadura: 0.466 m3 de piedra chancada, 0.476 m3 de Arena Chancada, 0.184 m3 de arena zarandeada, 0.229 m3 de vidrio molido y 0.130 m3 de cemento asfáltico PEN 60/30, de lo anterior citado se llevó a cabo la investigación de costos unitario para la facción de carpeta asfáltica en ardiente de 4", se consiguió un valor unitario de S/. 68.68 y un cálculo de referencia de S/. 2646294.23 y para un pavimento flexible común, el valor por unidad fue de S/. 76.76 y un cálculo de referencia de S/. 26801706 y 55/100.

Valeriano, T. Y Catacora, M. (2017), "Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca", Universidad Nacional del Altiplano - Puno, siendo su objetivo investigar el accionar el diseño correcto para su mezcla de asfalto en caliente adicionando la zeolita, asimismo beneficiar al ambiente y amenorar los costos para la pavimentación de la región de Juliaca, realizaron una investigación de forma aplicativa con relevancias tecnológicas, por lo que el propósito es encontrar un componente que pueda funcionar con el pavimento flexible común y modificado, también conseguir beneficios para el medio ambiente, llegaron a la conclusión que la adición de zeolita en el porcentaje de 2%, equivale a un menor desempeño con respecto a las características mecánicas respecto al diseño de MAC de 140°C y paralelamente es mayor al diseño de MAC de 100°C; asimismo produjo la disminución para transmitir el CO2 esto favoreciendo al medio ambiente; y en relación al valor de rendimiento de la mezcla asfáltica tibia nos facilita la economía.

**El principal objetivo** es determinar las propiedades mecánicas de un pavimento flexible sustituyendo al agregado fino por el 12% de vidrio molido.

Acompañado de nuestros **objetivos específicos**, que serían determinar la composición química del vidrio molido mediante la Fluorescencia de rayos X (FRX), determinar el pH del material, además de analizar los cambios mecánicos que se produce en la mezcla asfáltica como: contenido de vacíos, estabilidad y flujo y por último determinar el porcentaje óptimo de Asfalto de la mezcla y así comprobar la efectividad de nuestro trabajo.

Así es como formulamos esta **hipótesis**: Al sustituir el agregado fino por el 12% de vidrio molido se podrá obtener mejores/similares propiedades mecánicas de un pavimento flexible convencional.

# II. MARCO TEÓRICO

## II. MARCO TEÓRICO

Para nuestra investigación haremos referencia a diversos autores de niveles internacionales, nacionales que aportaran una mejor comprensión del trabajo planteado.

Extrajimos información con respecto a Pavimentos de **Pedro, M., Oswaldo, Ch. y Luis, L. (2009)**, Capa de alta compactación de pavimento flexible: Sostiene que una composición de pavimento es un método conformado por capas de componente cuya características mecánicas y espesores fueron detallados y calibrado de forma que las cargas por el tráfico sean reducidas y transmitidas a la sub-rasante. Complementariamente, la composición debe ser con la capacidad de aguantar las propiedades del ambiente circundantes. La creación de rutas tiene numerosas elecciones como; pavimento maleable, pavimento rígido, adoquinado etc.

Nos indica también que el **pavimento flexible**, está conformado por una cubierta de rodamiento bituminosa, sustentada por lo general encima de capas no rígidas denominadas base y subbase. Las mezclas asfálticas en caliente distribuyen los esfuerzos aplicados en superficies pequeñas gracias a su menor rigidez, en consecuencia, tienden a deformarse y a recobrar su condición cuando la carga es retirada.

Del **Pavimento Rígido** indica que son cubiertas de rodadura radica en una loza de concreto hidráulico, ayudado sobre una cubierta de base o sub-base.

Los concretos se describen por poseer un prominente módulo de flexibilidad que facilita que las dificultades transmitidas se reduzcan y se repartan en un sector largo, ocasionando deflexiones pequeñas.

Gracias a lo previo esta clase de pavimentos muestra un desarrollo conveniente inclusive en menor suficiencia sustento de las capas subyacentes.

El valor inicial de este pavimento es más grande que el pavimento flexible, tiene más duración y el valor de su cuidado es menor, no puede ubicar en sitios donde se modifique la topografía del carril.

Comenta sobre los **Adoquinado y otros**, no es un procedimiento que se deba usar para sitios de prominente tráfico dado que su tolerancia al peso no es la adecuada, no obstante, es normal usarlo en zonas urbanizadas, parques, pasajes, etc.

Las diversas clases de pavimentos son los empedrados, de tierra, y el que únicamente se le ubica una reducida cubierta de piedras de diámetro menor para hacer mejor su apariencia, no obstante, se pueden observar con más frecuencias en carreteras remotas o en sitios de poco acceso en donde los recursos son mínimos.

También nos apoyamos en las investigaciones **Padilla, A. (2004)**, para las **mezclas asfálticas** también conocidas como “aglomerante”, están constituidas por la conjunción de hormigón bituminoso y un material que funciona como liga de hidrocbonato, permitiendo cubrirse gracias a la capa siguiente, el

cual es realizado dentro de las plantas asfálticas, se llevan luego a la obra para verterse y ser compactada. Los pavimentos flexibles se usan en la creación de rutas, aeropuertos, etc. Debemos recordar que se emplean en las láminas de rodaduras o estratos inferiores de las carreteras de afluencia liviana y pesada, su funcionalidad es proveer un área de rodamiento confortable, sin peligro y a bajo costo a los individuos de las fuentes de comunicación, siendo más accesible el desplazamiento de los transportes, además de repartir las cargas provenientes del tráfico a la planicie para puedan ser distribuidas por ésta. Los pavimentos flexibles compuestos por el 90 % de agregados pétreos abultado y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligas asfálticas. Los elementos nombrados antes se consideración de suma importancia en el preciso desempeño de esta mezcla y si careciera del perfecto estado en cualquiera perjudicaría al grupo. Como elementos primordiales que influyen en una mejor calidad para la mezcla de asfalto como en su valor tenemos a: "ligante asfáltico y el polvo mineral". Se emplean en la creación, pudiendo ser en capas de rodadura o en capas inferiores, asimismo cabe mencionar que su funcionalidad es proveer un área de rodamiento confortable, segura y económica a los individuos de las fuentes de comunicación, brindando facilidad en la movilización de los transportes.

De su clasificación nos habla **Padilla, A. (2004)** indicando que los porcentajes de agregados pétreos usados; son la masilla asfáltica (Polvo mineral más ligante), Mortero asfáltico (Agregado fino más masilla), Concreto asfáltico (Agregado grueso más mortero), Macadam asfáltico (Agregado grueso más ligante asfáltico).

**Por su temple dejado en campo;**

- Mezclas asfálticas en Caliente: Se realizan con pavimentos flexibles, en el rango de los 150°, de acuerdo con la densidad del material, se debería calentar asimismo los agregados puesto que podemos evitar que el asfalto se enfríe al vincularse con ellos. Con la finalidad que los materiales se puedan extender y compactarse de forma adecuada, el material dejado en campo puesta se realizará en temperaturas elevadas al ambiente.
- Mezclas asfálticas en Frío: Es la emulsión asfáltica y el material dejado en campo es en temperatura ambiente.

**Tabla N°1: Clasificaciones de mezclas asfálticas**

Parámetro de la clasificación	Tipo de mezcla
Fracciones de agregad empleadas	Masilla
	Mortero
	Concreto
	Macadam
Temperatura puesta en obra	En frio
	En caliente
Huecos en la mezcla (h)	Cerradas (h<6%)
	Semicerradas (6%<h<12%)
	Abiertas (h>12%)
	Porosas (h>20%)
Tamaño máximo del agregado (t max)	Gruesas (t máx >10mm)
	Finas (t máx <10mm)
Estructura del agregado	Con esqueleto mineral
	Sin esqueleto mineral
Granulometría	Continuas
	Discontinuas

Fuente: (Soroushian, P. 2012)

De las **propiedades de las mezclas asfálticas para capas de rodadura**; Nos habla **Padilla, A. (2004)** El álveo principal de una carretera es la que soluciona una cubierta estable, afable y ornamental. Las demandas requeridas para un revestimiento no tienen la posibilidad de optimizar por esa razón de forma simultánea se debe nivelar las características con la finalidad de llegar a las resoluciones más convenientes. Los componentes asfálticos ofrecen revestimientos continuos y oportunos para los traslados. Sin embargo, se debe implantar un vaivén entre la resistencia, aspereza, impenetrable, y otras propiedades indispensables. Entre otras cosas, en los países fríos, como por ejemplo los países europeos, visto que son observado diseños herméticas y abundantes en mortero. Si estos componentes ofrecen una estructura deficiente, emplearse procesos impropios como: insertar en el revestimiento de gravillas o el abujardado en caliente.

En la actualidad existen transformaciones de ligantes que se han vuelto populares en rutas destacables buscando una mejora para la respuesta mecánica y de la resistencia de la mezcla. De igual forma, la índole de los agregados es completamente importante, en consecuencia, todo lo mencionado genera que el pavimento tenga es un valor más grande.

**De los Materiales** como Agregados pétreos y filler o relleno mineral nos apoyamos en la investigación de **Chavez, A. y Gonzales, F. (2018)** El hormigón bituminoso utilizados para lograr ejecutar la mezcla bituminosa tendrán que obtener una característica que pueda garantizar que no se desprenda en contacto con el agua y a causa del tránsito. Se aceptará el uso de materiales con propiedades hidrófilas, para lograr una correcta adherencia se debe agregar algún aditivo eficaz.

Para propósito de las siguientes especificaciones, se nominará conglomerado grueso al fragmento de material retenido en el tamiz de 4,75 mm (Nº 4); agregado fino al fragmento contenido entre los filtradores de 4,75 mm y 75 mm (Nº 4 y Nº 200) y polvo mineral o llenante la que pase el filtrador de 75 mm (N.º 200).

El agregado grueso tendrá que venir de la desintegración de piedra o de grava o por fusión de estas; las fracciones estarán libres de agentes contaminantes, fuertes y resistentes, sin abusos de partes llanas, estiradas, suaves e divisibles

Se encontrará libre de suciedad, arcilloso u distintas sustancias discutibles que impidan la adherencia con la mezcla asfáltica. Los estándares mínimos de calidad están la descripción. El material fino será la arena de trituraciones o una mezcla de ella con arena.

El fragmento aceptable de esta última será dispuesto en el diseño reconocido respectivo. Los granos del material fino deberán ser resistentes, sin agentes patógenos y de superficie áspera y angular. El agregado estará limpio y sin agentes patógenos, que imposibilite la fijación con la mezcla asfáltica y deba colmar las disposiciones de calidad dadas en la especificación. Las partículas minerales o llenantes vendrán de los procesos de tratamiento de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de manufactura mercantil, generalmente cal hidratado o cementos portland.

Podremos usar la parte del componente precedente para clasificarlos, cuando sean constatado y no tenga actividad y que sea no plástico. El PU aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E 205, deberá estar entre 0,5 y 0,8 g/cm<sup>3</sup> y su coeficiente de emulsibilidad (NLT 180) debería ser inferior a 0,6. La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral se ajustará a los requerimientos de las respectivas especificaciones, respecto a su granulometría útil.

También se deberá determinar con exactitud el porcentaje de cada agregado en el hormigón bituminoso, no es recomendable usar agregado mayor a  $\frac{3}{4}$ , ya que la mezcla se puede volver muy abierta, o si se usa mucho agregado fino se volverá muy rígida.

Con los **Agregados finos** recolectamos la información de **Huamán G. (2018)** El material fino es obtenido de la trituración natural o procesado de las rocas, que pasan por el tamiz de 3/8" (9.51mm) y es contenido en el filtrador N°200 (74um). NTP 400.011

**Las Propiedades físicas Tufino D. (2009)** indica que el material fino a usarse en el hormigón deberá seguir ciertas condiciones mínimas de control según la determinación de las NTP.

**Peso unitario según Díaz, M. (2010)** Su PU dependerá de ciertos parámetros intrínsecos de los materiales, así como la forma, tamaño y granulometría, como también el contenido de humedad; influyen factores externos como la compactación aplicada, la dimensión máxima de los materiales relacionados con el volumen del envase, la forma de consolidación, etc.

**Agregado grueso, Pacsi, R. A. (2018)** nos comenta que el conglomerado grueso es el que queda contenido el filtrador 38.1 mm (N°1.5") procedente de la degradación por el paso del tiempo o el procesamiento de la roca, que cumplirán con la NTP 400.037. El material grueso se clasifica en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el material grueso, que proviene de la degradación natural de materiales pétreos, encontrándose normalmente en yacimientos y lechos de ríos, almacenados naturalmente.

**De las Propiedades físicas Padilla, A. (2004)** Los agregados gruesos que se utilizan en la estructuración del hormigón asfáltico de alta resistencia debe tener, fuera de los requerimientos mínimos de las normas, que venga de rocas ígneas plutónicas de grano fino, que se enfriaron en las profundidades, con una dureza no menor a 7 y una firmeza en compresión no menor del doble de la resistencia que se desea alcanzar en el hormigón.

**Peso unitario** o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se declara en Kg/m<sup>3</sup>. Los valores para agregados normales van desde 1500 a 1700 Kg/m<sup>3</sup>.

**En cuanto al Cemento asfáltico el Manual de carreteras para construcción (EG-2013)** La emulsión asfáltica a usarse en la imprimación de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta.

La emulsión asfáltica deberá presentar un aspecto uniforme, sin agua y no crear espuma cuando es sometido a una temperatura de 175°C. La emulsión asfáltica podrá variarse añadiendo aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto certificado, con las pruebas correspondientes, Su empleo será según sus especificaciones.

#### Características

- El asfalto es un componente muy impermeable, adhesivo y cohesivo, capaz de soportar grandes esfuerzos momentáneos y fluir bajo la acción de cargas fijas.
- Se compone de varios hidrocarburos (mezclas moleculares de hidrogeno y carbono) y algunas tasas de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos.
- Tan igual que el petróleo crudo, el asfalto es una composición de muchos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos.

Del **Vidrio** obtuvimos información de la normativa **ASTM C 162-80** señala al vidrio como un material inorgánico de fundición, este cuando se enfría llega a un estado duro, pero no llega a cristalizarse.

**Pérez, H. (2011)** Este producto existe desde muchas décadas atrás y se encuentra en estado sólido, pero es un fluido muy viscoso, su aspecto es rígido y por lo general de color traslucido. Es un componente débil, de subestructura discontinua. Se distancia del cristal ya que este no muestra una estructura deforme, sus partículas están en orden.

Su constitución básica es; silicio encontrado en la tierra o cuarzos en un 70%, el cual viene a ser el elemento básico del vidrio; carbonato de sodio, cal, y otros elementos los cuales ayudan en la resistencia del vidrio a una temperatura muy alta.

En la última temporada, el empleo del vidrio en la vida cotidiana ha aumentado, ya que a éste se le ha brindado diferentes manejos como, por ejemplo, frascos, lámparas, ventanos, porcelanas etc., debido a esta causa se viene reciclando grandes cantidades de este material. Este componente tiene la facilidad de que puede ser reciclado al 100% del mismo.

**De los Usos del vidrio en carreteras, la investigación de Brisso, R. (2010)** Usanza de vidrio reutilizado en construcción de vías: El vidrio al ser bien molido, tiende a presentar coeficientes permeables similares a la arena gruesa. También, la oblicuidad elevada del agregado, comparándola con una arena redondeada, tiende a mejorar la consistencia de las mezclas asfálticas.

#### **También nos comenta de los usos del vidrio molido**

- Añadido en base y sub base de rutas y/o añadido en el pavimento asfáltico.
- Opción a componente de relleno.
- Vidrio para la construcción de ladrillos.
- Añadido en el hormigón y cemento.
- Sistemas de filtrado de agua
- Opción para machacar, filtración de material.

#### **De sus propiedades del vidrio**

- El vidrio es un componente vulnerable por su poca aptitud de absorber energía, por esa razón para calcular su resistencia se emplea coacción en su área con precaución porque se desarrollan grietas fácilmente.
- Como propiedad principal tenemos su claridad óptica y la fácil adquisición de elementos de vidrio



- Es un elemento sensitivo a la temperatura, en cuanto disminuye su temperatura éste se convierte más pegajoso, en temperaturas bajas se solidifica.

### **Vidrio reciclado**

Es un componente fácilmente recuperable, exactamente es 100 % reciclable, esto quiere decir que, desde un recipiente usado, podemos obtener un recipiente nuevo. Esta simplicidad de reutilización del vidrio apertura muchas opciones para que la población recolecte en sus hogares dichos envases y los entregue en los depósitos que corresponden con la finalidad que las gestiones perjudicadas logren una gestión simple para el provecho del medio ambiente. Por último, también importa recalcar que durante el procedimiento para la mezcla no se pierde el elemento.

En cambio de los **componentes del vidrio** obtuvimos la información de **Camelo, J. (2007)** Arena: 43%. Proviene de la roca por meteorización; la silícica siempre se usa de manera habitual, para ello se acostumbra manifestar el fondo de arena de los pisos en tanto % de sílice (SiO<sub>2</sub>).

Soda: 19% También conocida como carbonato de sodio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. También utilizada en la purificación de aguas calcáreas y como reactante en numerosas industrias químicas recalándose la construcción del vidrio. El ingrediente para la fabricación de vidrio más costoso es la soda.

Dolomita: 16% Mineral compuesto por carbonato de calcio y magnesio –CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> de peso específico 2,85-2,95 y dureza 3,5-4. Se encuentra en cristales sin color, blancos, etc. Es un constitutivo importante de las rocas sedimentarias carbonatadas y de igual forma lo encontramos en rocas de ambiente metamórfico (mármoles dolomíticos)

Feldespato: 9% Incluye un grupo de aluminosilicatos vinculados entre sí, con proporciones cambiantes de potasio, sodio y calcio y de manera menos habitual con otros cationes (bario, hierro, etc), en diversos minerales en resultado sólido. Los primordiales feldespatos comerciales son: el sódico - cálcico y el potásico, etc.

Casco: 12% residuos de vidrio.

**De sus características, Perez, J., Bernal, Y. y Witancort, L. (2013)** indica, que la fortaleza mecánica de alguna obra de vidrio depende de las condiciones de su área. Existen perjuicios físicos como rayones y mezclas químicas que reducen notablemente su resistencia, siendo complicado ofrecer un costo preciso de ella.

Subjetivamente la firmeza del vidrio plano a la tensión es de 10.000 lbs/pulg<sup>2</sup> (703.08 Kg/cm<sup>2</sup>), para objetivos útiles lo mencionado anteriormente debe considerarse sólo como mera teoría.

**De su producción:**

**Nacional:** En Perú se recicla unos 65 millones de kilos de vidrio

**Local:** En Coishco se reciclaría unos 2 millones de kilos de vidrio, mientras que en Chimbote: Se recicla unos 15 millones de kilos de vidrio anuales

**Accesibilidad:** El lugar donde se adquirió este material fue en los alrededores del distrito de Coishco.

# III.METODOLOGÍA

### III. METODOLOGÍA

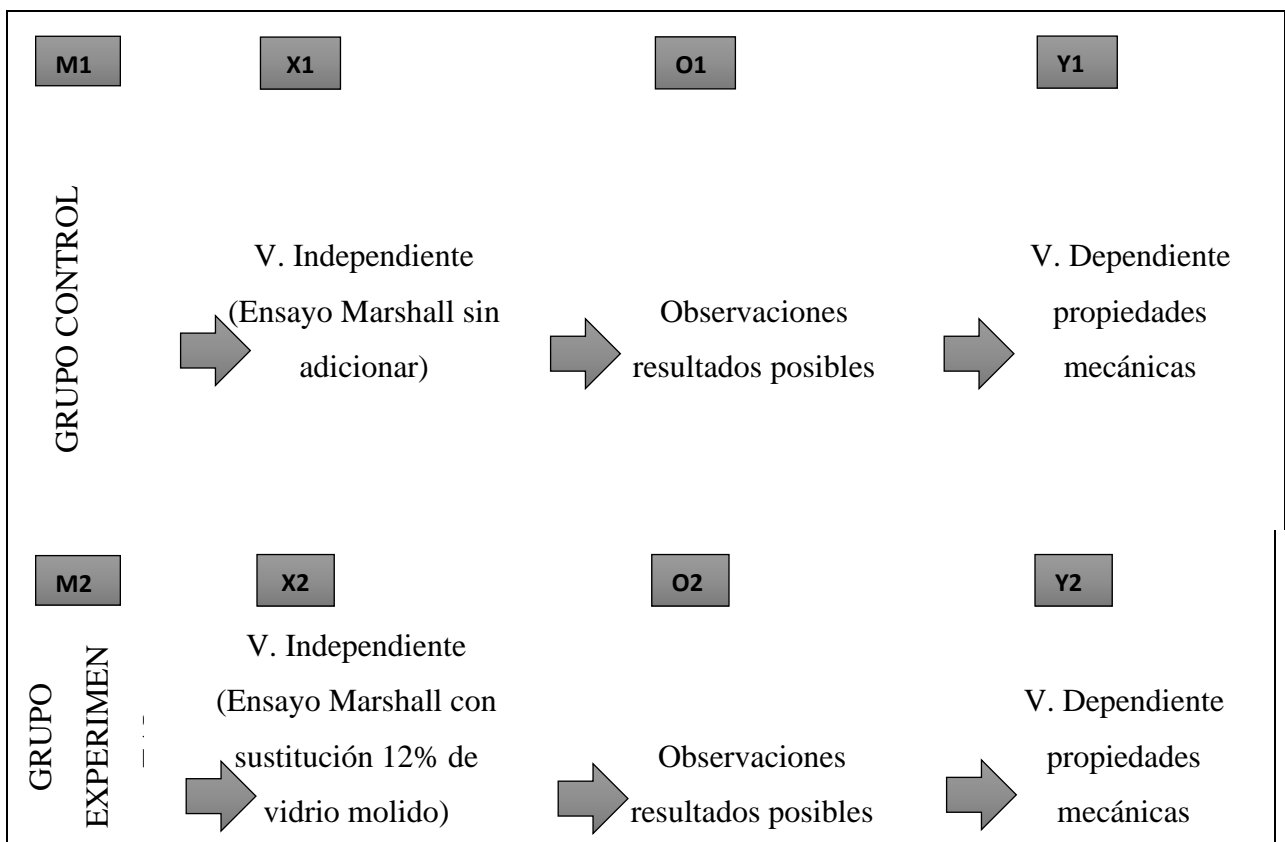
#### 3.1. Tipos y diseño de Investigación

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

Puesto que planteamos nuevas alternativas de solución para obtener los resultados que se generen en esta investigación que surge al sustituir parcialmente al agregado fino por el 12% de vidrio molido en una a la mezcla asfálticas, para lo cual va a servir para responder al problema grave que nos planteamos, y encontrando respuestas específicas, haremos la comparación entre un pavimento sin adiciones y otro con adiciones, ya que se utilizará un nuevo material ecológico.

##### 3.1.2. Diseño de Investigación

Investigación Experimental: Este presente trabajo de investigación le corresponde un diseño experimental del nivel casi experimental, la finalidad de este proyecto es determinar las características de un hormigón bituminoso la cual le sustituirá al agregado fino por el 12% de vidrio molido, después se comparó un hormigón bituminoso convencional sin agregarle el vidrio por el método Marshall. El esquema que corresponde es el siguiente:



**M1:** Muestra de diseño de mezcla sin adicionar

**M2:** Muestra de diseño de mezcla con adición de 12% de vidrio molido.

**X1:** Es la variable independiente, ensayo Marshall sin adicionar.

**X2:** Es la variable independiente, ensayo Marshall con sustitución de 12% de vidrio molido.

**O1:** Observaciones obtenidas por dicha muestra, son los resultados anotados en la guía de observación diseño patrón.

**O2:** Observaciones obtenidas por dicha muestra, son los resultados anotados en la guía de observación con el diseño experimental.

**Y1:** Variable dependiente, propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.

**Y2:** Variable dependiente, sustitución del agregado fino por el 12% de vidrio molido

### **3.2. Variable y Operacionalización**

#### **3.2.1. Variables:**

##### **Variables Independientes:**

- **DOSIFICACIONES EN DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DE VIDRIO MOLIDO**

**Definición Conceptual:** Diseño de pavimento asociado con dosificaciones

**Definición Operacional:** Dimensión es la dosificación al 12% de vidrio molido.

**Dimensión:** es la dosificación y es en referencia a los porcentajes de la materia que se reemplazara, con la finalidad de mejorar la mezcla asfáltica.

**Indicadores:** Porcentajes, de las proporciones de los componentes de la mezcla, promedio de volumen ocupado por los componentes de la mezcla.

**Escala de medición:** Razón

##### **Variables dependientes:**

- **PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA**

**Definición conceptual:** Según Ramírez, N. (2006), Lo produce un elemento pétreo revestido con una capa de asfalto, mezclado en forma pareja en cantidades indicadas, lo que determina los atributos y características de la mezcla.

**Definición operacional:** son las dimensiones como la resistencia a la deformación.

**Indicadores:** se realiza con promedios, varianza, división estándar.

**Escala de medición:** Razón.

### **3.3. Población, muestra y muestreo, unidades de análisis**

#### **3.3.1. Población:**

Para este tipo de investigación se tiene como población a la Mezcla Asfáltica de manera convencional según estándar de pavimentación establecida, para un diseño patrón y experimental adicionando entre 12% vidrio molido.

#### **3.3.2. Muestra:**

Se tomó la muestra representativa a la Mezcla Asfáltica, necesaria con la finalidad de lograr la experimentación en el laboratorio de suelos de la GEOLAB; para lograr una base a la hipótesis.

#### **3.3.3. Unidad de análisis**

Diseño de la mezcla asfáltica.

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

#### **3.4.1. Técnicas:**

La observación experimental la realizamos en un laboratorio, así también los procesos tienen que estar normados por el Instituto de Asfalto – AASHTO, ASTM, MTC, los cuales sirvieron de guía para realizar los ensayos, puesto que tienen individualmente sus propios parámetros de división y sus propios procesos.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para continuar nuestro estudio realizamos una serie de procesos, en este ítem, se explica la técnica que se utilizará, la cual será equipos de medición, laboratorio de GEOLAB y laboratorios externos. Las normas y la respectiva ficha de recojo de información se encontrará en el anexo de la presente investigación con la finalidad de tener de manera ordenada los ensayos realizados.

### **3.5. Procedimientos**

- Se solicitó mediante un escrito al laboratorio de suelos GEOLAB para lograr el ingreso al mencionado laboratorio.
- Obtuvimos nuestros agregados que utilizamos para la fabricación de nuestra mezcla asfáltica.
- Apliqué un registro de apuntes, como, por ejemplo: fichas, fotos, etc.; con la finalidad de dar seguimiento a las pruebas.
- Realicé el diseño de mezcla asfáltica convencional mediante el método Marshall.
- Se elaboró una mezcla asfáltica sustituyendo al agregado fino con el 12% de vidrio molido para realizar briquetas.
- Ejecute las pruebas correspondientes para ver la resistencia de las briquetas elaboradas, y finalmente observaremos los resultados obtenidos mediante el Método Marshall.
- Con los documentos logrados realicé cuadros que ayudarán a la comprensión de los resultados.

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

- En la indagación se tendrá que utilizar el método Inductivo, Deductivo y Analítico, porque se realizarán cambios en la variable independiente y después se cuantificará lo que traiga como consecuencia a la variable dependiente.
- El método de estudio es hipotético-deductivo porque consiste en observar el fenómeno producido, deducir las consecuencias y finalmente poner a prueba la hipótesis para verificar su verdad.

### **3.7. Aspectos éticos**

- El presente estudio se rige y sigue los apartados nombrados en la Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017, del día 23 de mayo del 2017, de la Universidad Cesar Vallejo. donde aseguran los valores éticos, confort y soberanía en los investigadores. Se tuvo en consideración los derechos de autores, y se explica de modo propio esta investigación, también se agrega en cada acápite tomado de la cita de forma idónea según las normas ISO 690.

- De tal forma, el aspecto ético que resaltamos es respetar la soberanía del autor, y por tanto se trata de demostrar empeño para desplegar el tema de investigación que nos interesa; por tanto, el fin es encontrar un resultado a las incertidumbres abordadas en el proyecto.
- Igualmente, no se usará la malevolencia, ya que esta investigación no es para gracia propia si no se dará a saber a los pobladores para su beneficio.
- Como punto final, se aplicará justicia, tal es así que los autores comprometidos en la investigación serán tratados con respeto, de inicio a fin durante el proceso de recojo de información.



# IV.RESULTADOS

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Resultados con respecto al objetivo de hallar el FR-X

##### 4.1.1. Determinar la composición química del vidrio molido mediante el análisis de fluorescencia de rayos.

*Tabla N° 2 Composición química del vidrio molido (FR-X)*

<b>Composición química</b>	<b>Resultados (%)</b>
<b>Na2O</b>	<b>65.896</b>
<b>SiO2</b>	<b>26.410</b>
<b>Al2 O3</b>	<b>5.226</b>
<b>CaO</b>	<b>1.869</b>
<b>K2O</b>	<b>0.521</b>
<b>Fe2O3</b>	<b>0.070</b>

*Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la San Marco*

**Descripción:** Los resultados de la FRX indicaron que, en la composición química del vidrio, los porcentajes más relevantes son: 65.896% de (Na2O), 26.410% (SiO2), 5.226% (Al2 O3), 1.869% (CaO), y en menores porcentajes 0.521% (K2O), 0.070% (Fe2O3), 0.006% (SO3), 0.003% (SO3); las sumas de las mismas alcanzan un valor de 100% las que superan al criterio de Puzolanidad del estándar ASTM C618 1980 (Chackchouk, 2006).

##### 4.2. Resultados con respecto al objetivo de hallar el PH.

##### 4.2.1. Determinación del Potencial del Hidrogeno (PH)

*Tabla N 3° determinación del PH*

	<b>Muestra</b>
<b>Ensayo</b>	<b>Vidrio molido</b>
<b>PH</b>	11.27

*Fuente: Laboratorio Físico Químico COLECBI*

**Descripción:** Los datos mostrados en la siguiente tabla y Podemos decir que el PH sirve para determinar la acidez o alcalinidad de un material según lo normativo 1-6 es un ácido, 7-8 es neutro y de 8-14 es alcalino; en lo cual el vidrio molido nos indica que está dentro de lo normativo con 11.27. Esto nos indica que el vidrio molido es alcalino y por lo tanto no afecta en una sustitución adecuada con la mezcla asfáltica.

#### 4.3. Resultados con respecto muestra de asfalto original – Método Marshall

En el siguiente punto se expresará cómo sacar los porcentajes óptimos reales del asfalto que se utilizará en la averiguación del vidrio pulverizado. Los resultados se obtendrán de 15 probetas que se ensayan las cuales que tendrán distintos porcentajes de asfalto de 4.5%, 5%, 5,5%, 6%, como se decidió tales porcentajes se explicara en los resultados conseguidos en la granulometría a mezcla de los materiales.

Luego de tener la densidad especifica bulk, el (VAM, VA, VAF), la estabilidad y flujo, se realizan cuadros de paridad y de análisis para su determinación y saber cuál será el mejor porcentaje asfáltico con el que se debe laborar, para determinarlo se usamos el proceso para estabilizar y flujo Marshall.

Resultados de la granulometría de los agregados (finos y grueso)

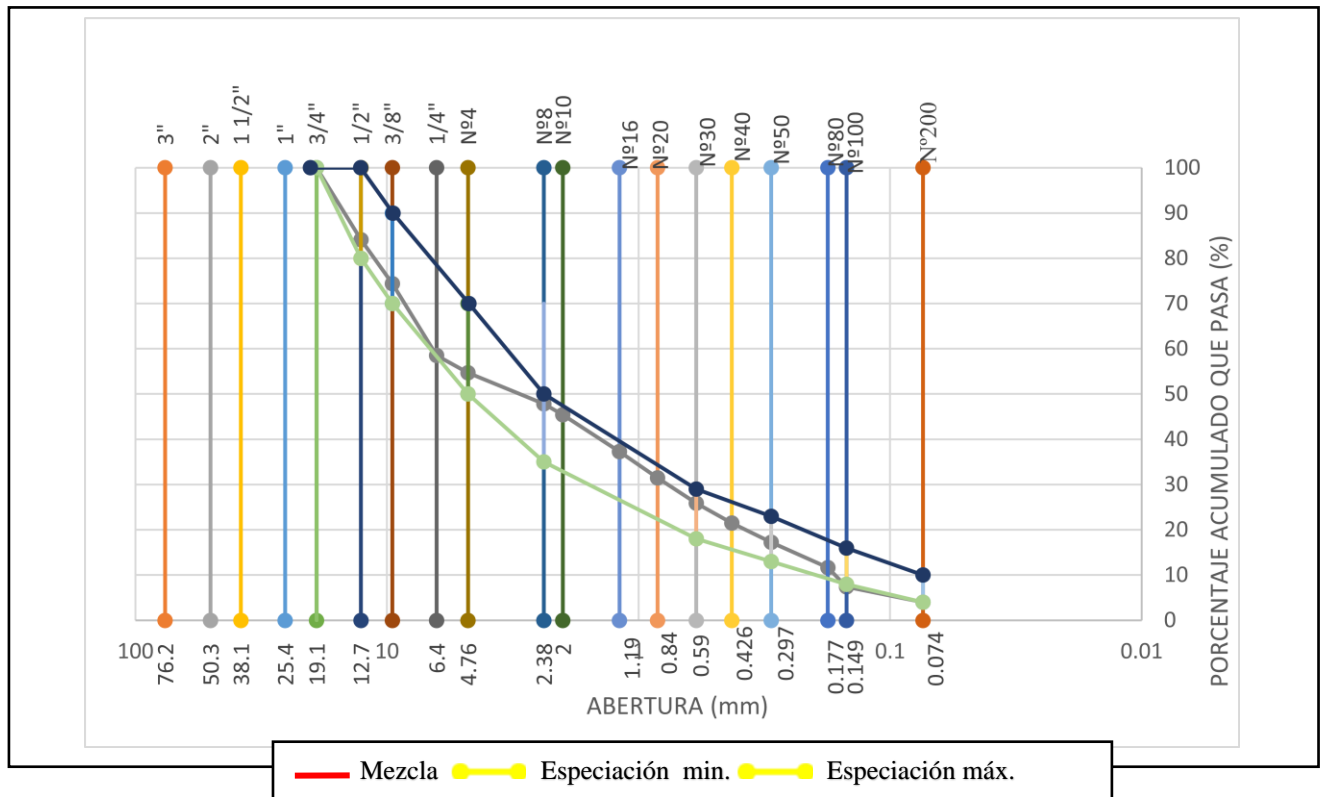
**Tabla N°4:** Resultados de la granulometría para la dosificación de la mezcla

<b>GRAVA</b>	<b>ARENA</b>	<b>FILLER</b>			
<b>% Pasa</b>	<b>% Pasa</b>	<b>% Pasa</b>	<b>% PASA</b>		
Mezcla					
<b>100.0%</b>	100.0%	100.0%	100.0	<b>1"</b>	
<b>100.0%</b>	100.0%	100.0%	100.0	<b>3/4"</b>	
<b>63.9%</b>	100.0%	100.0%	84.1	<b>1/2"</b>	
<b>41.9%</b>	100.0%	100.0%	74.4	<b>3/8"</b>	
<b>5.7%</b>	100.0%	100.0%	58.5	<b>1/4"</b>	
<b>0.0%</b>	<b>97.5%</b>	<b>100.0%</b>	54.7	<b>N°4</b>	
<b>0.0%</b>	84.3%	100.0%	47.9	<b>N°8</b>	Agregado % gr
<b>0.0%</b>	79.7%	100.0%	45.5	<b>N°10</b>	<b>Grava</b> 44 <b>528</b>
<b>0.0%</b>	64.0%	100.0%	37.3	<b>N°16</b>	<b>Arena</b> 52 <b>624</b>
<b>0.0%</b>	52.9%	100.0%	31.5	<b>N°20</b>	<b>Filler</b> 4 <b>48</b>
<b>0.0%</b>	42.1%	100.0%	25.9	<b>N°30</b>	
<b>0.0%</b>	33.6%	100.0%	21.5	<b>N°40</b>	
<b>0.0%</b>	25.5%	100.0%	17.3	<b>N°50</b>	
<b>0.0%</b>	14.7%	100.0%	11.6	<b>N°80</b>	
<b>0.0%</b>	6.6%	100.0%	7.4	<b>N°100</b>	
<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>100.0%</b>	4.0	<b>N°200</b>	
<b>0.0%</b>	0.0%	0.0%			

#### 4.3.1. Dosificación de la mezcla

Después de obtener los porcentajes en la granulometría según norma MOP-001F-2002 de los materiales, estos se unirán para la creación de la curva de las mezclas como se observa en el gráfico.

**Gráfico N° 1: Curva de la mezcla**



Sera conveniente que la línea curva de las mezclas que obtuvimos con los diferentes porcentajes de agregados finos y gruesos se encuentre en el centro de las numeraciones mínimas y máximas de los agregados, como se observa en el gráfico.

#### 4.3.2. Porcentaje óptimo de asfalto aparente descripción

Con la información de granulometría de nuestro agregado se obtuvo porcentajes óptimos aparentes del asfalto, de este se partirá para determinar el porcentaje de asfalto óptimo verdadero.

Ecuación -1

Dónde:

$$P = M * S^{\frac{1}{2}}$$

S = superficie específica de los áridos

P = porcentaje óptimo de asfalto

M = coeficiente de tránsito (3,75 – 4,25). (Mop\_001\_f\_2002)

**Tabla N° 5: Cálculo de asfalto**

$$S = 9,25878 \quad P (\%) = 6.24$$

---

**% optimo de asfalto**                      **6**

**Nota:**

En el procedimiento Marshall para tener el % real de asfalto óptimo se tiene que hacer 15 probeta, la cual cada 3 de estas tendrán un distinto % de asfalto, en esta ocasión se trabajamos con porcentajes de 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, expresados (54gr, 60gr, 66gr y 72gr).

Cada probeta debe tener 1200gr de agregados según las dosificaciones obtenidas estas se mantendrán para todo el proyecto de investigación.

**4.3.3. Determinación del porcentaje de asfalto óptimo real**

Los resultados son promedios de cada una las probetas ensayadas usando las ecuaciones necesarias para estos casos y obtuvimos que el contenido óptimo de asfalto es de 5.88%.

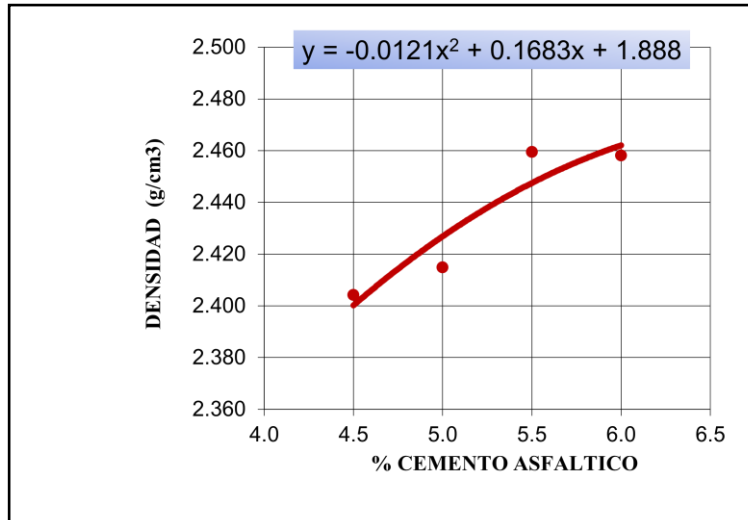
**Tabla N°6: promedio de resultados de mezcla original**

% CEMENTO DE ASFÁLTICO	GRÁFICO N°1	GRÁFICO N°2	GRÁFICO N°3	GRÁFICO N°4	GRÁFICO N°5	GRÁFICO N°6
	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/C.A.	V.M.A.	FLUENCIA
<b>4.50</b>	2.404	2490	5.0	86.0	35.61	5.50
<b>5.00</b>	2.415	2548	4.2	88.3	35.65	6.37
<b>5.50</b>	2.459	2329	3.4	90.4	34.97	6.90
<b>6.00</b>	2.458	2235	2.1	94.1	35.35	7.57
<b>RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO</b>				<b>3279</b>	<b>Kg/cm</b>	
<b>ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO</b>				<b>5.88</b>	<b>% en peso</b>	

#### 4.3.4. Densidad

La gravedad de la mezcla compactada tiende a definirse como una masa de volumen específico de mezcla y se mide en gr/cm<sup>3</sup>.

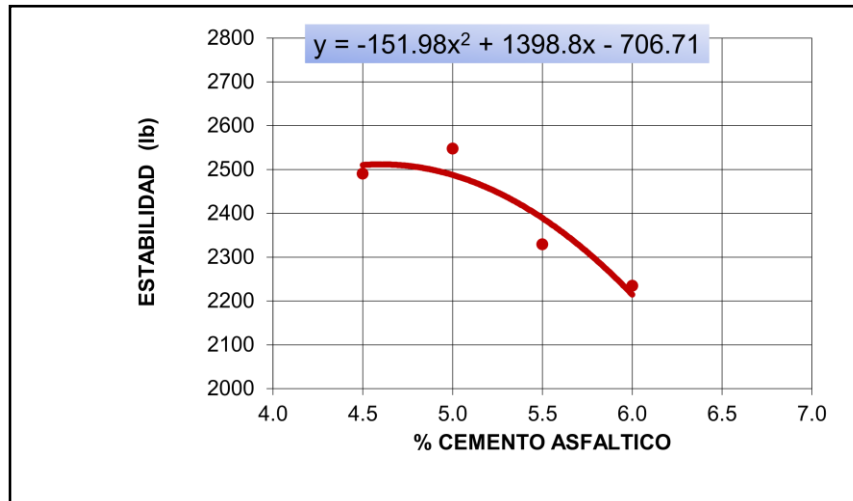
**Gráfico N° 2: Densidad VS % de asfalto**



#### 4.3.5. Estabilidad

Este determina la resistencia a la deformación de la briqueta al ser expuesta a un peso hasta que esta falle y su unidad de medida es en kg.

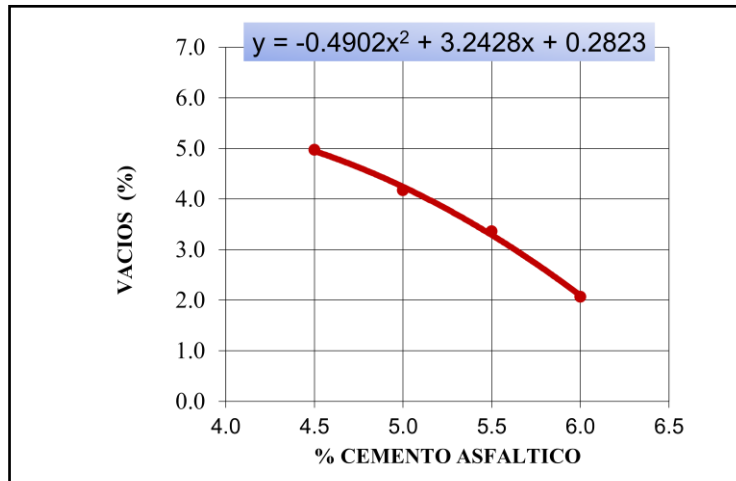
**Gráfico N° 3: Estabilidad VS % de asfalto**



#### 4.3.6. Volumen de vacíos

El tanto por ciento de vacíos del material, son reducidos espacios de viento que existen entre las moléculas de los materiales (ASTM D 1559).

**Gráfico N°4: % de vacíos VS % de asfalto**

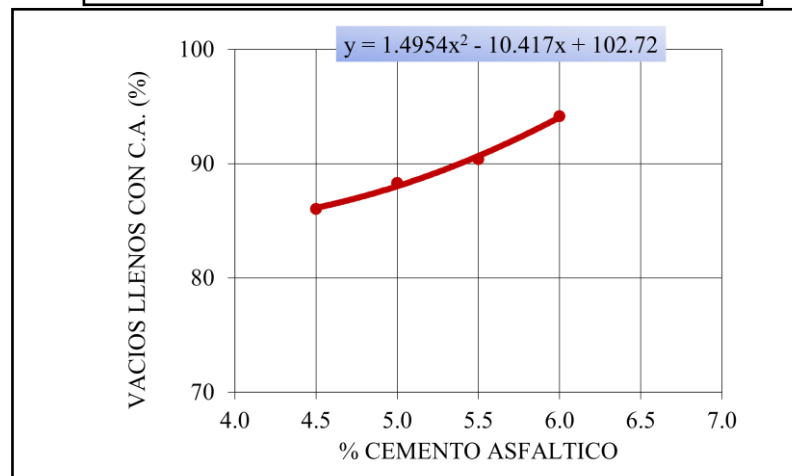


Según la normativa en este proyecto el porcentaje óptimo de asfalto es de 5.88% como muestra la gráfica como se muestra en la gráfica 7.

#### 4.3.7. Porcentaje de vacíos llenados C/C.A

Es el tanto por ciento de vacíos que se encuentran dentro en las partículas del agregado comprimido con una cantinada de asfalto, se usa la densidad específica bulk de los materiales y de la mezcla. (ASTM D 1559).

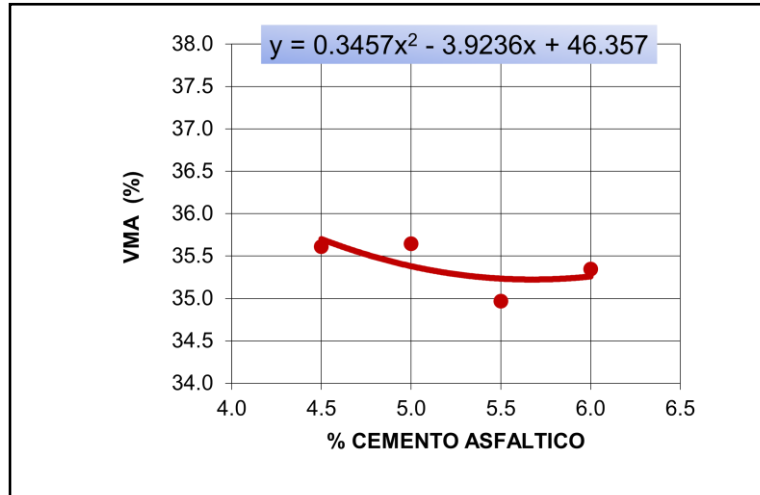
**Gráfico N° 5: % de vacíos llenados C/C.A VS % de asfalto**



#### 4.3.8. Porcentaje de vacíos cubierto con asfalto

El (VMA) de una mezcla que será tapada por asfalto es lo que le determinamos al porcentaje de vacío cubiertos por asfalto (VAF). (ASTM D 1559).

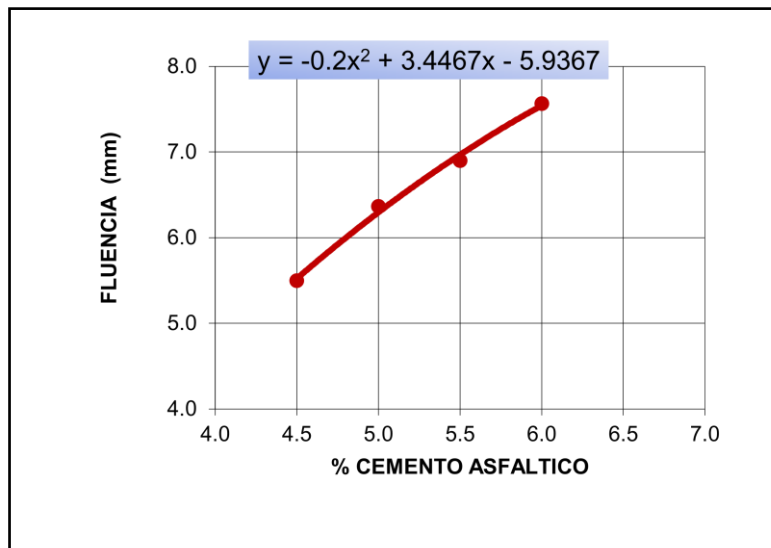
Gráfico N° 6: % V.M.A VS % de asfalto



#### 4.3.9. Flujo

Es la deformidad que producen en las briquetas al recibir la carga máxima y se mide mm.

Gráfico N° 07: Flujo



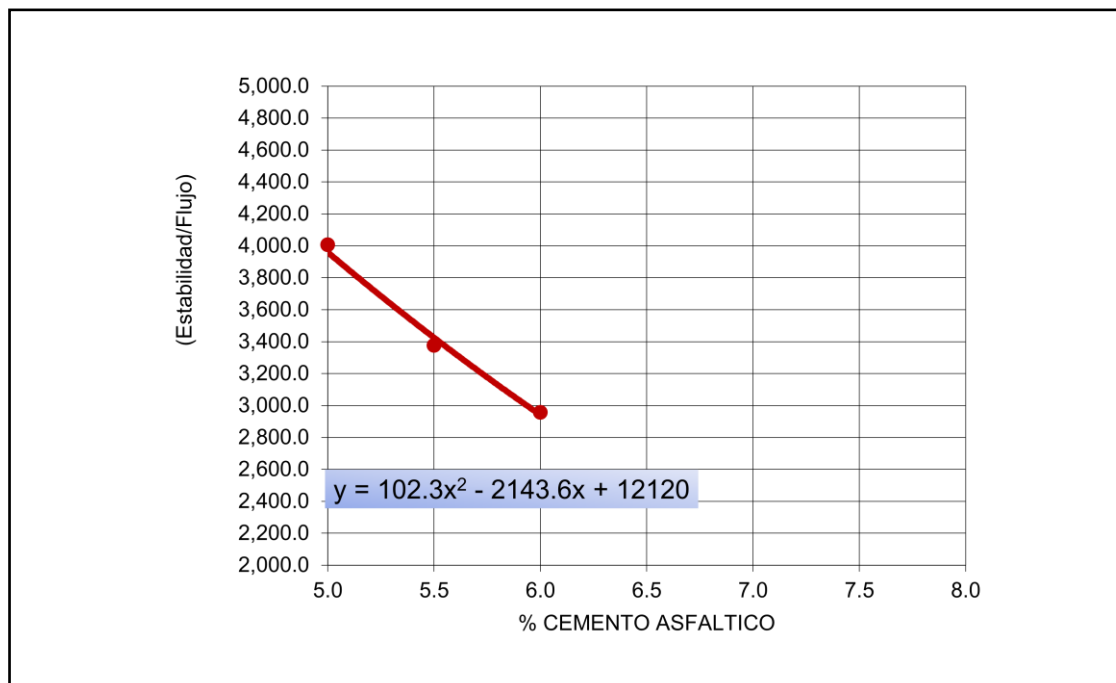


**Tabla N°7: Resultados de mezcla original**

DESCRIPCIÓN	COEFICIENTE 2	COEFICIENTE 1	CONSTANTE	C.A	DOSIFICACION
				<b>5.88</b>	
<b>DENSIDAD</b>	-0.0077	0.1098	1.9269	2.306	
<b>ESTABILIDAD</b>	-163.75	1893.8	-4026.4	1448	Min 815
<b>VACIOS DE AIRE</b>	0.2554	-5.1935	24.913	3.2	2 - 4 (*)
<b>VACIOS C/C.A.</b>	-1.790	35.833	-69.935	79	70 Min
<b>V.M.A</b>	0.2861	-3.1758	23.91	15.1	14 Min
<b>FLUENCIA</b>	-0.0333	1.3967	-4.0917	3.0	2 - 4
<b>ESTABILIDAD/FLUJO</b>	-42.29	-1301.3	12393	3279	1700 - 4000

Los resultados obtenidos en la muestra original están dentro de los parámetros estándares según Max 2, Norma MTC E 504, ASTM D 1559.

**Gráfico N° 08: Resultados de estabilidad/ flujo**



#### 4.4. Resultados de muestra asfáltica experimental con vidrio molido – Método Marshall

Se pesó 624gr (52%) de agregado fino para ser tamizado, mediante este tamizado se obtuvo más retención del agregado fino (arena) en el tamiz N° 8 y tamiz N° 16, y poder sustituir el 12% de vidrio molido. Para la sustitución se retiró el 6.0% de cada tamiz ya mencionado y se sustituyó por el vidrio molido en dicho porcentaje, luego se mezcló bien con todo el agregado fino (arena y filler) para ser colocados en el horno a una temperatura de 120°C.

De los tantos por ciento de asfalto de requería 3 briquetas para llegar a tener el resultado de estabilidades, flujos, gravedad y % de vacío.

Para la prueba de RICE se requirió 2 ves más material y se realizan 2 muestras por cada tanto por ciento de vidrio pulverizado.

##### 4.4.1. Determinación del porcentaje de asfalto óptimo real

El resultado es un promedio de las briquetas de ensayo utilizando las ecuaciones necesarias para cada caso y así obtuvimos que el contenido óptimo de asfalto es de 6.10%, se utilizó este porcentaje porque la mezcla estaba rígida.

**Tabla N° 8:** promedios de resultados de mezcla experimental

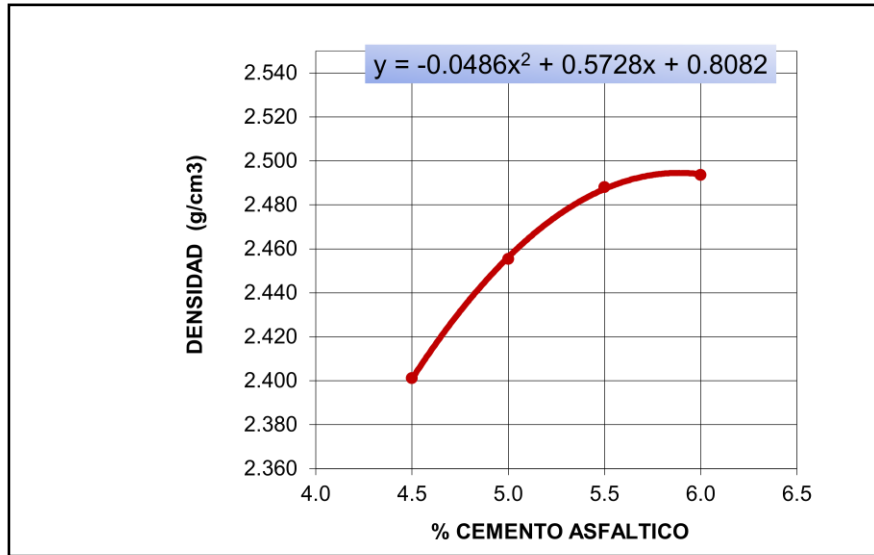
	GRÁFICO N°1	GRÁFICO N°2	GRÁFICO N°3	GRÁFICO N°4	GRÁFICO N°5	GRÁFICO N°6
% CEMENTO DE ASFÁLTICO	DENSIDAD	ESTABILIDAD	VACIOS DE AIRE	% VACIOS LLENADOS C/C.A.	V.M.A.	FLUENCIA
4.50	2.401	3126	6.0	66.4	17.82	6.27
5.00	2.455	2744	4.4	73.0	16.39	7.07
5.50	2.488	2036	4.1	74.1	15.89	8.00
6.00	2.494	2053	4.1	74.7	16.14	9.00
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO				3881	Kg/cm	
ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO				6.10	% en peso	

Los datos que obtuvimos fueron con % de asfalto óptimo de 5,8% para la muestra patrón, pero, en la oportunidad de hacer el ensayo como se sustituyó vidrio pulverizado y retiramos agregado fino el % de asfalto que utilizamos fue de 6.10% con los siguientes resultados.

#### 4.4.2. Densidad

La grafica de la densidad obtenida Vs es 12% de vidrio pulverizado sustituido en el diseño, se mide en gr/cm3.

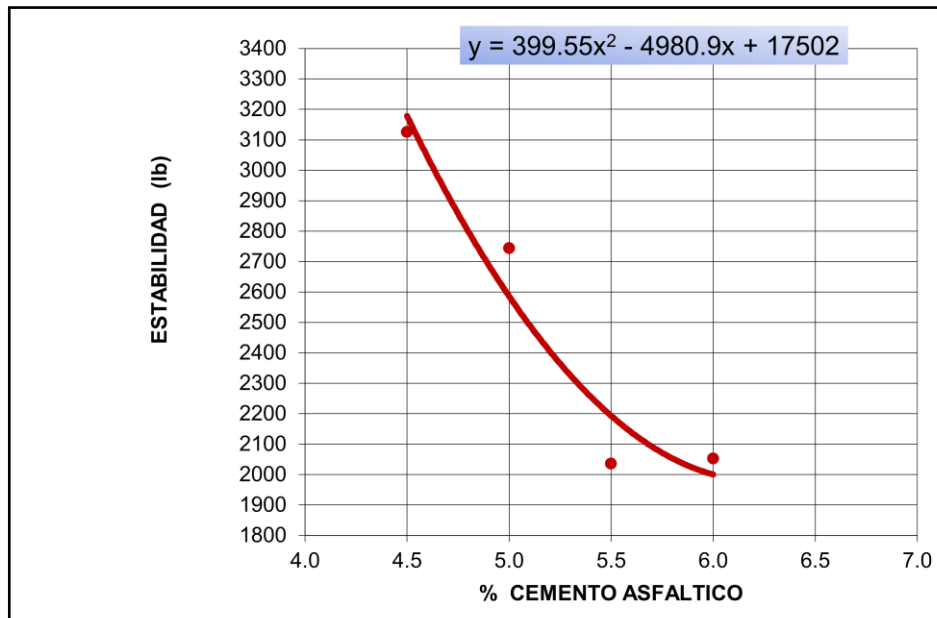
**Gráfico N° 9: Densidad VS el 12% de vidrio molido**



#### 4.4.3. Estabilidad

Gráfico de variaciones de estabilidad vs el 12% de vidrio sustituido a la mezcla asfáltica.

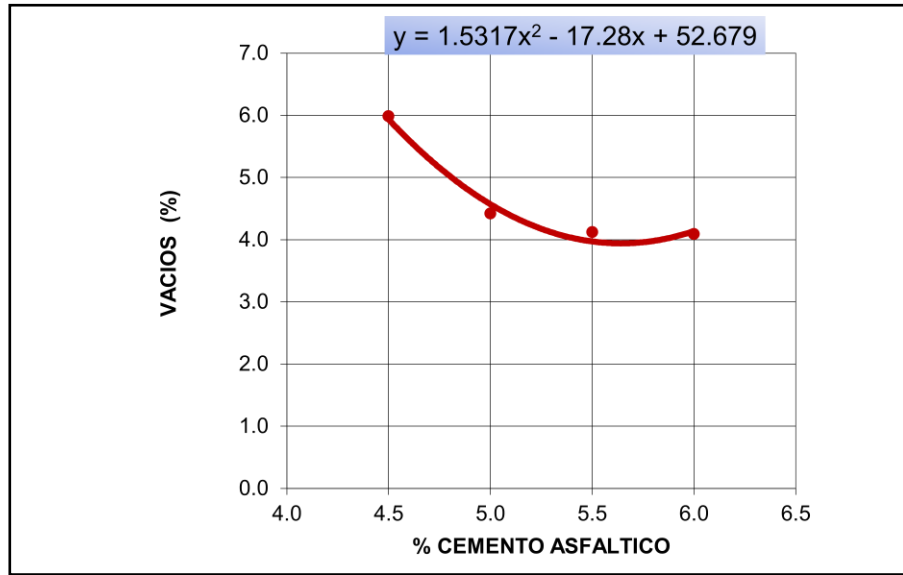
**Gráfico N° 10: Estabilidad VS el 12% de vidrio molido**



#### 4.4.4. Volumen de vacíos

Gráfico del tanto por ciento de vacío vs el 12% de vidrio pulverizado, comprobamos con los vacíos que se producen en la mezcla original.

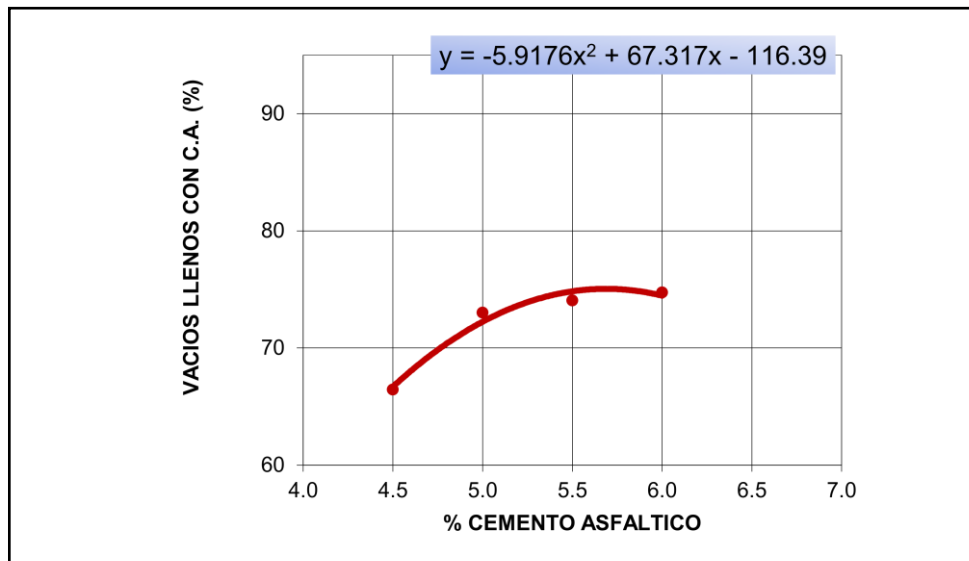
**Gráfico N° 11: % de vacíos VS el 12% de vidrio molido**



#### 4.4.5. Porcentaje de vacíos llenados C/C. A

Gráfico de tanto por ciento de vacíos cubiertos con el asfalto vs el 12% de pulverizado.

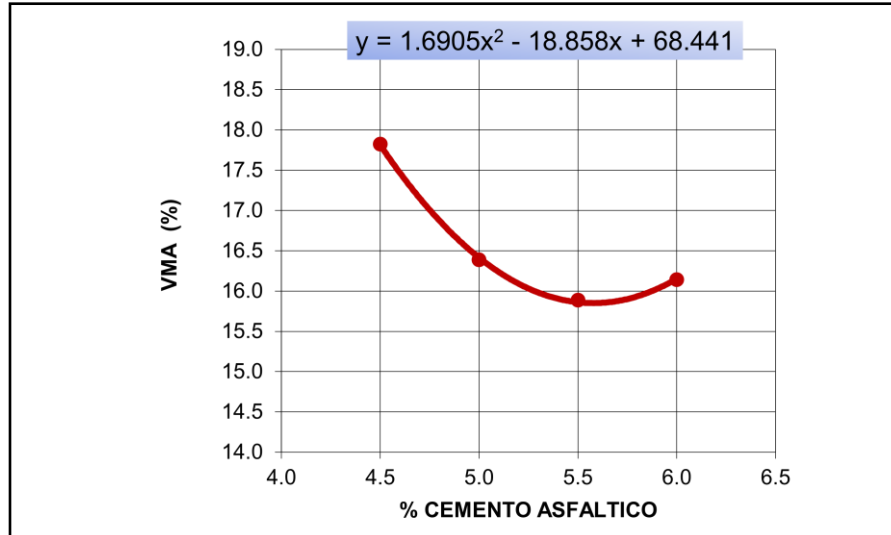
**Gráfico N° 12: % de vacíos llenados C/C.A VS el 12% de vidrio**



#### 4.4.6. Porcentaje de vacíos cubierto con asfalto

Grafica del Porcentaje de vacíos del agregado mineral en la mezcla vs el 12% de vidrio pulverizado.

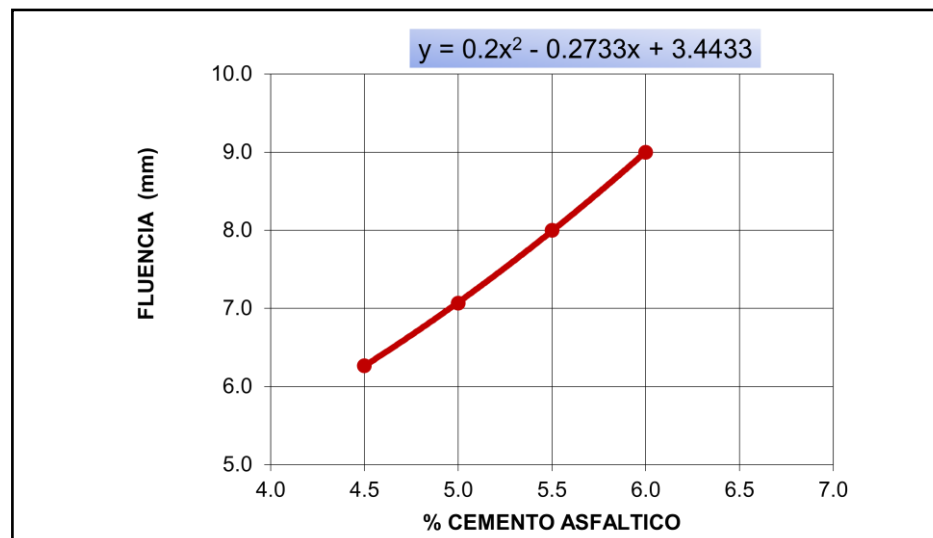
**Gráfico N° 13: % V.M.A VS el 12% de vidrio molido**



#### 4.4.7. Flujo

Grafica del Porcentaje del flujo en la mezcla vs el 12% de vidrio pulverizado.

**Gráfico N° 14: Flujo VS el 12% de vidrio molido**

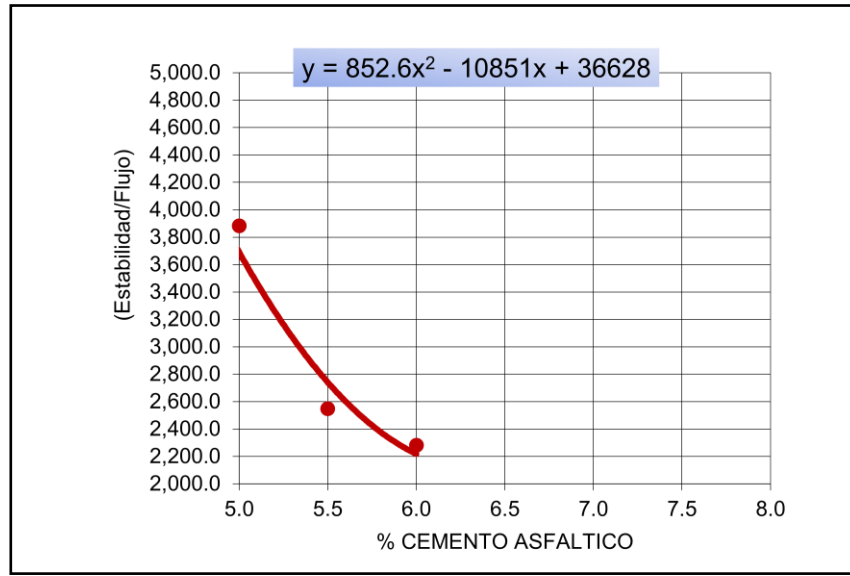


Y

#### 4.4.8. Estabilidad/Flujo

Grafica de la estabilidad/flujo en la mezcla con la sustitución del 12% vidrio molido donde se interpreta que si cumple por lo que está dentro de los límites.

**Gráfico N° 15:** Estabilidad/flujo



**Tabla N° 09:** Resultados de mezcla experimental

DESCRIPCIÓN	COEFICIENTE 2	COEFICIENTE 1	CONSTANTE	C.A	ESPECIFICACIONES
				<b>6.10</b>	
DENSIDAD	-0.0077	0.1098	1.9269	2.310	
ESTABILIDAD	-163.75	1893.8	-4026.4	1433	Min 815
VACIOS DE AIRE	0.2554	-5.1935	24.913	2.7	2 - 4 (*)
VACIOS C/C.A.	-1.790	35.833	-69.935	82	70 Min
V.M.A	0.2861	-3.1758	23.91	15.2	14 Min
FLUENCIA	-0.0333	1.3967	-4.0917	3.2	2 - 4
ESTABILIDAD/FLUJO	-42.29	-1301.3	13393	3881	1700 - 4000

Esta tabla nos indica que los resultados obtenidos en la muestra experimental están dentro de los parámetros estándares según Max 2, Norma MTC E 504 y ASTM D 1559. Pero en comparación con la estabilidad y los vacíos de aires, la muestra original es mayor que la experimental.

# V.DISCUSIÓN

## V. DISCUSIÓN

- Los resultados de **FRX** indicaron que la composición química del vidrio molido, los porcentajes más relevantes son: 65.896% de (Na<sub>2</sub>O), 26.410% (SiO<sub>2</sub>), 5.226% (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 1.869% (CaO), y en menores porcentajes 0.521% (K<sub>2</sub>O), 0.070% (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 0.006% (SO<sub>3</sub>), 0.003% (SO<sub>3</sub>); las sumas de las mismas alcanzan un valor de 100% las que superan al criterio de Puzolanidad del estándar ASTM C618 1980 (Chackchouk, 2006).
- Según el concepto de ciencia y salud el pH es una medición de acidez o alcalinidad, por lo que refiere el PH del vidrio molido es de 11.27 por lo tanto es alcalino y se puede decir que es combinable y no afecta en este proceso experimental.
- Según la investigación de Ricardo, B. (2010) nos dice que el vidrio molido ayuda a mejorar las mezclas asfálticas por sus cualidades de contención de calor y el cual no absorbe líquido asfáltico a comparación del agregado fino. Respecto a esto se puede decir que el vidrio molido si ayuda a mejorar las mezclas asfálticas por su permeabilidad que tiene dicho material.
- A diferencia de la tesis de Freire, K. (2018) dice que, mediante la adición del 12% de vidrio molido a la mezcla en general si está dentro de los rangos permitidos, pero en este proyecto se trabajó mediante la sustitución del agregado fino por el 12% de vidrio molido, lo que nos indica que, aunque él % de vidrio utilizado es muy alto está dentro del rango permitido, pero las cualidades mecánicas de la mezcla experimental son mayores a la muestra patrón.
- Según norma MTC E 504 Y ASTM D 1559 el vidrio molido si cumple los parámetros de los estándares.



# VI.CONCLUSIONES

## VI. CONCLUSIONES

- La composición química del vidrio molido obtuvo el siguiente resultado de dióxido de silice con un tanto por ciento de 65.896% de (Na<sub>2</sub>O), 26.410% (SiO<sub>2</sub>), 5.226% (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 1.869% (CaO), por lo tanto, es clasificado como hidrofóbico y resulta de baja absorción de asfalto.
- El PH del vidrio molido está dentro de lo normado y se puede decir que es combinable y no afecta en muchos procesos experimentales por su alcalinidad.
- Debido a que el vidrio es más resistente al desgaste por rozamientos y mejor aislante térmico que el agregado fino, resulta más eficaz en los proyectos de carreteras que se llevan a cabo en un ambiente frío y para zonas inundables.
- En lo que respecta a las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica experimental no todos superaron satisfactoriamente a la mezcla original (patrón).
- El porcentaje óptimo de cemento asfáltico a usar es el 6.10% con un 12% de vidrio molido.
- Comparando los resultados de muestra experimental supera la Estabilidad/flujo de la muestra patrón.
- Terminamos concluyendo que, si se sustituye más porcentaje de vidrio molido, el flujo se elevaría ocasionando que la mezcla sea más rígida y al aplicar en la capa asfáltica provocaría fisuramientos en periodos cortos.

# VII.RECOMENDACIONES

## VII. RECOMENDACIONES

- La recomendación sería que el municipio de Coishco organice programas de recolección de vidrio en general, para ser reutilizado en las empresas constructoras que usen este material, esta acción generaría más ingreso al distrito y menos contaminación ambiental.
- Se recomienda usar porcentajes menores al 12% de vidrio molido para obtener menor % de cemento asfáltico y mejor estabilidad.
- Al hacer las pruebas con el asfalto, no se debe de calentar a temperaturas por encima de 160° y solo una vez ya que esta acción podría cambiar las propiedades de la mezcla asfáltica.

# REFERENCIAS

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Freire, K. (2018). *“Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación”*. (Tesis Pre-grado. Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Ecuador).

Recuperado de: <https://acortar.link/d9K2wy>

Abu, Z., Khedawi, T., Baker, M. y Abendeh R. “Effect of Waste Glass on Properties of Asphalt Concrete Mixtures”. *Jordan Journal of Civil Engineering* [online]. 11 (1): 2017, 117-131.

Recuperado de: <http://oldwww.just.edu.jo/~jjce/>

Paredes, A. (2019). *“Análisis de la resistencia a la compresión del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de vidrio reciclado molido”*. (Tesis Pre-grado. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Perú).

Recuperado de: <https://bit.ly/2VfKmXQ>

Luque, A. M. (2019), *“Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico – Juliaca, 2018”*, (Tesis Pre-grado. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Perú).

Recuperado de: <https://bit.ly/3xj1Mjx>

Melendrez, J. y Pinedo, W. A. (2020), *“Efecto del vidrio molido reciclado en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, utilizando agregados de la cantera La Soledad”*, (Tesis Pre-grado. Universidad Cesar Vallejo - Trujillo, Perú). Recuperado de: <https://bit.ly/3xgOTGK>

Torres, J. (2019), *“Uso del vidrio reciclado en el diseño de Mezcla Asfáltica para la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa Margarita- Piura”*, 2018. (Tesis Pre-grado. Universidad Cesar Vallejo - Piura, Perú). Recuperado de: <https://bit.ly/3fkGpYL>

Valeriano, W. y Catacora, A. (2017), *“Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca”*, (Tesis Pre-grado. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Perú).

Recuperado de: <https://bit.ly/3C3STxP>

Morales, P.J., Chavez, O. y Lopez, L. (2009) *“Generalidades sobre los pavimentos”*. Universidad Nacional de ingeniería [online]. 1 (1): 2009, 27-30.

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

Padilla, A. (2004) *“Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista”*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. [online]. 1 (1): 2009, 42-45.

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

Chavez, A. y Gonzales, F. (2018) *“Caracterización mineralógica, porosimétrica, microestructural y con ensayos convencionales de agregados pétreos gruesos de una cantera del piedemonte llanero colombiano según norma idu sección 500–11”*. (Tesis para obtener el grado de Especialista de Ingeniería en Pavimentos. Universidad Católica de Colombia).

Recuperado de: <https://bit.ly/3C335qa>

Pacsi, R. A. (2018) *“Influencia en el diseño de mezcla y resistencia en concretos con la disminución del material fino pasante del matriz N° 200 (ASTM), elaborados en la ciudad de Puno”*. (Tesis para obtener el grado de ingeniero topógrafo y agrimensor. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Perú)

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

Huamán, G. (2018) *“Resistencia de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , sustituyendo agregado grueso en 10%, 30% y 50% por material reciclado, Huaraz”* (Tesis de pre-grado – Universidad San Pedro – Huaraz, Perú)

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

Tufino, D. (2018) *“Variación de resistencias vs. Edades y relación a/c con cemento pórtland tipo i (sol)”* (Tesis de pre-grado – Universidad San Pedro – Huaraz, Perú) Recuperado de: <https://bit.ly/3j7Xarn>

Díaz, M. (2010) *“Correlación entre la porosidad y la resistencia del concreto”* (Tesis de pre-grado – Universidad Ricardo Palma – Lima, Perú)

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

Pérez, H. (2011) *“Física General Bachillerato”*, Grupo Editorial Patria [online], edición 4. Recuperado de: <https://bit.ly/3C6ZvLG>

Brisso, R. (2010). *“Vidrio reciclado en asfalto”*. Blogger.

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

Camelo, J. (2007) *“Propuesta del montaje de una fábrica de láminas de vidrio en Riohacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable”* (Tesis de pre-grado – Pontificia Universidad Javeriana – Bogotá D.C., Colombia)

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

Perez, J., Bernal, Y. y Witancort, L. (2013) *“Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta industrial de elaboración de vidrio plano en la ciudad de Iquitos”* (Tesis de pre-grado –Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – Iquitos, Perú)

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

Ramirez, N. (2006) *“Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco”* (Tesis de pre-grado –Universidad de Chile – Santiago de Chile, Chile)

Recuperado de: <https://bit.ly/3jb7kYf>

EG (2013) *“Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción. RD N° 22-2013-MTC/14”*

Recuperado de: <https://bit.ly/3zWF56d>



# ANEXOS

# **ANEXO 3.**

## **MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN**

TABLA N° 11: Matriz de operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES*	INDICADORES*	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica (Variable Dependiente)</b>	<p>La mezcla asfáltica en caliente lo compone un material pétreo recubierto con una película de asfalto, uniformemente mezclados, en proporciones previamente especificadas. Las cantidades relativas de estos materiales, determinan las propiedades y características de la mezcla.</p> <p>Ramirez (2006).</p>	<p>Son las dimensiones como la resistencia a la deformación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La resistencia a la deformación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promedios</li> </ul>	Razón
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varianza</li> </ul>	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• División estándar</li> </ul>	
<b>Dosificaciones en diseño de mezclas asfálticas de Vidrio molido (Variable Independiente)</b>	<p>Diseño de pavimento asociado con dosificaciones</p>	<p>Es la dimensión es la dosificación al 12% de vidrio molido</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la dosificación al 12% de vidrio molido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de proporciones</li> </ul>	Nominal

# **ANEXO 4.**

# **NORMAS**

- MTC E 504
- ASTM D 1559
- Normas: ASTM C 136-09, AASHTO T-27
- Método Marshall Norma: ASTM 1559 El método Marshall fue determinado por Bruce Marshall, este método es muy utilizado en los laboratorios para verificar la resistencia de la mezclas asfálticas, por ser más económico y fácil de obtener los resultados los cuales se compone de otros ensayos en 23 donde se va a determinar la gravedad específica Bulk, el contenido de vacíos, luego si se procede a utilizar el equipo Marshall en el cual se ensayan las briquetas para determinar su estabilidad flujo, con todos esto, se determina la cantidad optima de asfalto necesario para la mezcla asfáltica, este resultado también dependerá del tipo de material y sus características. En mezclas y diseñadas ayuda a determinar si resisten o no y si las cantidades de materiales utilizados son los correctos.
- Normas: AASHTO T-176, MOP E 108, ASTM D 2419-09 Objetivo: Ayuda a determinar, qué cantidad de polvo o material malo se tiene en la muestra de agregados finos y arena.
- ASTM D 2419

## **ANEXO 5.**

# **INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**



# 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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
 Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>			

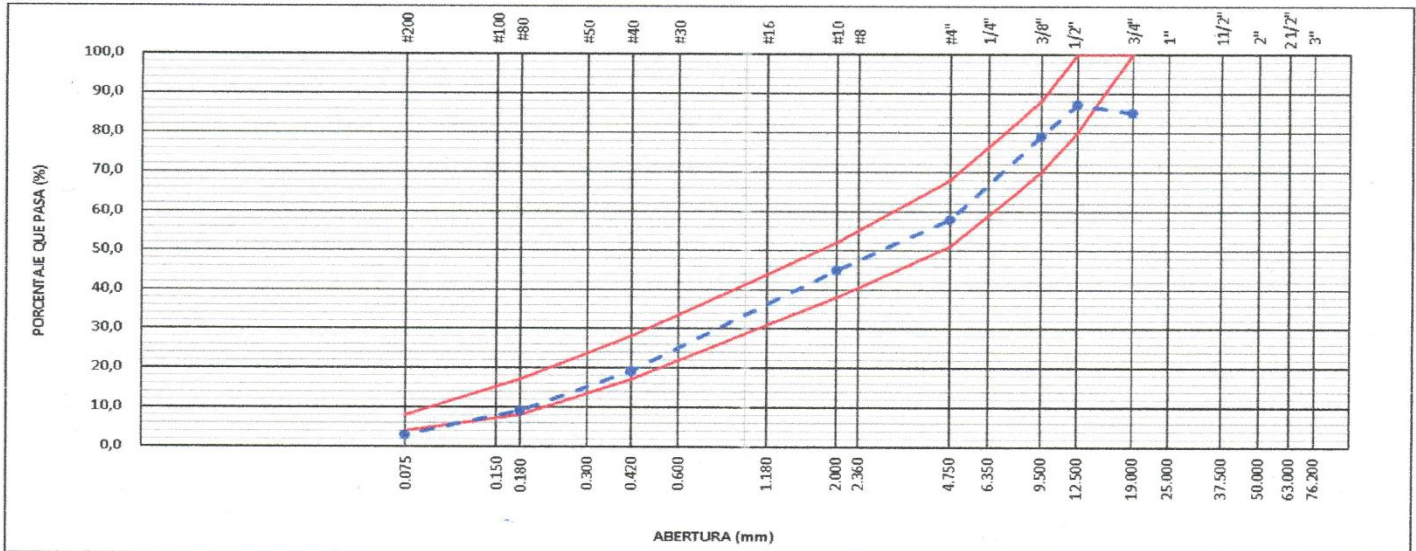
TESIS : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO REGISTRO N°: 895 TESIS UCV  
 POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO  
 SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 REVISADO POR : W.J.Z.S.  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L. FECHA DE ENSAYO : 29 DE JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Cantera agregado fino La Carbonera  
 Identificación : Mezcla de agregados Cantera agregado grueso La Sorpresa  
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	Peso Retenido	Porcentaje			Formula de trabajo	ESPECIFICACIÓN MAC-2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumulado	Pasante				
3"	76.200							Peso total 7989,0 g	
2 1/2"	63.000							Fracción finos : 0,0 g	
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000								
3/4"	19.000				85,0	100	100		
1/2"	12.500	1032,2	12,9	12,9	87,1	80	100		
3/8"	9.500	634,5	7,9	20,9	79,1	70	88		
1/4"	6.350								
# 4	4.750	1895,2	21,2	42,1	57,9	51	68	Observaciones :	
# 8	2.360							Según especificación técnica MTC EG -2013 (Sección 423)	
# 10	2.000	1034,9	13,0	55,0	45,0	38	52	Pavimento de concreto asfáltico en caliente.	
# 16	1.180							Mezcla agregados diseño asfalto MAC-2	
# 30	0.600								
# 40	0.420	2066,9	25,9	80,9	19,1	17	28	Arena zarandeada 49,0 %	
# 50	0.300		0,0		100,0				
# 100	0.150							Grava triturada 35,0 %	
# 200	0,075	487,4	6,1	97,0	3,0	4	8	Cemento portland 1,0 %	
>200		237,5	3,0	100,0					

## CURVA GRANULOMÉTRICA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
 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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
 Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO REGISTRO N°: 895 TESIS UCV  
 POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO  
 SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 REVISADO POR : W.J.Z.S.  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L. FECHA DE ENSAYO : 29 DE JUNIO DEL 2014

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	85,0	87,1	79,1	57,9	45,0	19,1	9,1	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4,5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					40,19			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,36			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0,95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,698			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,600			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,784			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,745			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1190,8	1193,6	1195,2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1193,7	1195,5	1198,6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				689,7	690,1	689,3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				504,0	505,4	509,3		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,363	2,362	2,347	<b>2,357</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2,553			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				7,5	7,5	8,1	<b>7,7</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,645			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,748			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,45			
22	% de Asfalto Efectivo					3,12			
23	Relación Polvo/Asfalto					1,0			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				14,7	14,7	15,3	<b>14,9</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				49,2	49,0	47,0	<b>48,4</b>	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13,0	13,0	12,0	<b>12,7</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1952	1686	1001		
28	Factor de estabilidad				1,04	1,04	1,00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				2030	1753	1001	<b>1595</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				6248	5394	3338	<b>4993</b>	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. WILSON I. 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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO  
POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO

REGISTRO N°: 895 TESIS UCV

SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO

REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
REVISADO POR : W.J.Z.S.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

FECHA DE ENSAYO : 29 DE JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	85,0	87,1	79,1	57,9	45,0	19,1	9,1	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla						5,0			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla						39,98			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla						54,07			
4 % Cemento portland en peso de la Mezcla						0,95			
5 Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc						1,020			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2,698			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2,600			
8 Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3,110			
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc						2,784			
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc						2,745			
11 Altura promedio de la briqueta cm									
12 Peso de la briqueta al aire (gr)					1191,2	1191,3	1194,2		
13 Peso de la briqueta al agua por 60''(gr)					1193,2	1193,5	1196,7		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)					690,2	693,1	692,2		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					503,0	500,4	504,5		
16 Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2,368	2,381	2,367	2,372	
17 Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)									
18 % de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)					6,1	5,6	6,2	6,0	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total						2,645			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total						2,735			
21 Asfalto Absorbido por el Agregado						1,28			
22 % de Asfalto Efectivo						3,79			
23 Relacion Filler/Betun						1,2			0,6 - 1,3
24 V.M.A.					14,9	14,5	15,0	14,8	14
25 % Vacios llenos con C.A.					58,9	61,1	58,7	59,5	
26 Flujo 0,01''(0,25 mm)					13,0	14,0	14,0	13,7	8 - 14
27 Estabilidad sin corregir (Kg)					1383	1521	1561		
28 Factor de estabilidad					1,04	1,04	1,04		
29 Estabilidad Corregida 27 * 28					1438	1582	1623	1548	MIN 815
30 Estabilidad / Flujo					4425	4519	4638	4527	1700 - 4000

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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
 Teléfono: 954877150-945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO  
 SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

REGISTRO N°: 895 TESIS UCV  
 REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 REVISADO POR : W.J.Z.S.  
 FECHA DE ENSAYO : 29 DE JUNIO DEL 2007

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	85,0	87,1	79,1	57,9	45,0	19,1	9,1	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla						5,5			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla						39,77			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla						53,79			
4 % Cemento portland en peso de la Mezcla						0,94			
5 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1,020			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc						2,698			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2,600			
8 Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3,110			
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc						2,784			
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc						2,745			
11 Altura promedio de la briqueta cm									
12 Peso de la briqueta al aire (gr)					1192,9	1190,4	1192,9		
13 Peso de la briqueta al agua por 60"(gr)					1194,9	1190,8	1194,6		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)					694,0	694,0	693,7		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					501,0	496,8	500,9		
16 Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2,381	2,396	2,382	2,386	
17 Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2,496			
18 % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					4,6	4,0	4,6	4,4	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total						2,645			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total						2,725			
21 Asfalto Absorbido por el Agregado						1,14			
22 % de Asfalto Efectivo						4,42			
23 Relacion Filler/Betun						1,4			0.6 - 1.3
24 V.M.A.					14,9	14,4	14,9	14,7	14
25 % Vacios llenos con C.A.					69,2	72,2	69,3	70,2	
26 Flujo 0,01"(0,25 mm)					14,0	15,0	14,0	14,3	8 - 14
27 Estabilidad sin corregir (Kg)					1336	1434	1282		
28 Factor de estabilidad					1,04	1,04	1,04		
29 Estabilidad Corregida 27 * 28					1389	1491	1333	1404	MIN 815
30 Estabilidad / Flujo					3968	3976	3809	3918	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
 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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
Teléfono: 954877150-945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO REGISTRO N°: 895 TESIS UCV  
SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
REVISADO POR : W.J.Z.S.  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L. FECHA DE ENSAYO : 29 DE JUNIO DEL 2021

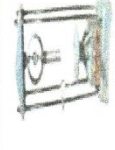
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	85,0	87,1	79,1	57,9	45,0	19,1	9,1	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6,0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,56			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53,50			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,94			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,698			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,600			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,784			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,745			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1192,6	1191,9	1192,8		
13	Peso de la briqueta al agua por 60'(gr)				1192,9	1192,1	1193,0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				692,3	692,2	693,2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				500,6	499,8	499,8		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,382	2,385	2,386	2,384	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2,474			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3,7	3,6	3,5	3,6	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,645			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,722			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10			
22	% de Asfalto Efectivo					4,97			
23	Relacion Filler/Betun					1,6			0,6 - 1,3
24	V.M.A.				15,3	15,2	15,2	15,2	14
25	% Vacios llenos con C.A.				75,8	76,2	76,6	76,2	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				16,0	15,0	15,0	15,3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1336	1314	1327		
28	Factor de estabilidad				1,04	1,04	1,04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1389	1367	1380	1379	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3473	3645	3680	3599	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mc. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
 Telefono: 954877150 - 94541124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>	

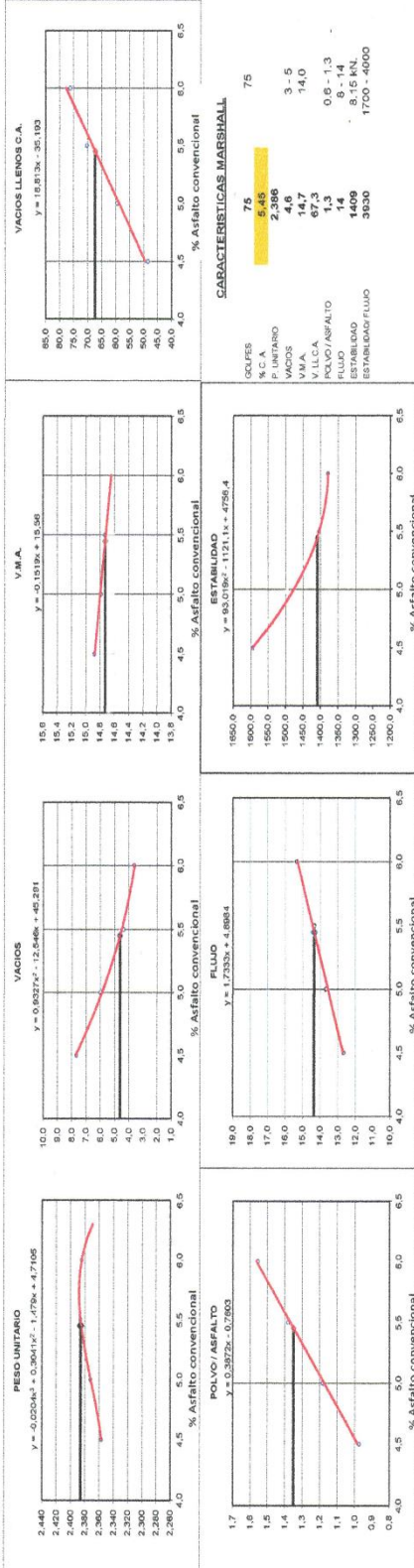
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE  
 MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL**

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO  
 REGISTRO N°: 895 TESIS UCY  
 SOLICITANTE : POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO  
 REVISADO POR : N.A.Z.S.  
 W.J.Z.S.  
 FECHA DE ENSAYO : 20 DE JUNIO DEL 2021

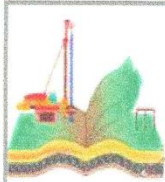
UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO  
 CURVAS DE COMPACTACIÓN CONSTANTE**



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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

INFORME			
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO REGISTRO N°: 895 TESIS UCV  
SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
REVISADO POR : W.J.Z.S.  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L. FECHA DE ENSAYO : 29 DE JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	6047,0	6047,0	6047,0	6047,0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8190,0	8190,0	8190,0	8190,0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	7720,0	7714,0	7708,0	7705,0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8920,0	8915,0	8911,0	8905,0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1200,0	1201,0	1203,0	1200,0	
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	470,0	476,0	482,0	485,0	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2,553	2,523	2,496	2,474	
CONTENIDO % C.A.	4,50	5,00	5,50	6,00	

Observaciones :

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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO  
POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO

SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO

REGISTRO N°: 895 TESIS UCV

REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
REVISADO POR : W.J.Z.S.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

FECHA DE ENSAYO : 29 DE JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

## DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (RESUMEN)

### 1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

### 2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70  
% optimo de asfalto residual : 5.45 %

### 3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño	-0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPES N°		75,0		75
CEMENTO ASFÁLTICO %	5,25	5,45	5,65	
PESO UNITARIO kg/m <sup>3</sup>	2,381	2,386	2,389	
VACIOS %	5,1	4,6	4,2	3 - 5
V.M.A. %	14,8	14,7	14,7	14
V. L.L.C.A. %	63,6	67,3	71,1	
POLVO / ASFALTO %	1,3	1,3	1,4	0.6 - 1.3
FLUJO mm	14	14	15	8 - 14
ESTABILIDAD kN	1434,5	1409,3	1391,6	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO kg/cm	4099,0	3929,8	3788,8	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa		2,6		2,1
RESISTENCIA RETENIDA %		80		75
RESISTENCIA CONSERVADA %		80		80

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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

**TESIS** : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO  
POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO

**SOLICITANTE** : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO

**FECHA** : 30 DE JUNIO DEL 2021

# ANALISIS QUIMICO

N°	ANALISIS QUIMICO	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES	RESULTADOS (%)		
			ARENA		PROMEDIO
	MUESTRA		M - 1	M - 2	
9	Potencial de Hidrógeno (PH)	>7	7,2	7,2	7,2

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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com


**TESIS** : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO  
POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO

**SOLICITANTE** : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO

**FECHA** 30 DE JUNIO DEL 2021

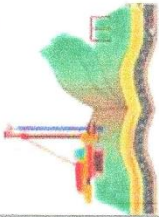
## ANALISIS QUIMICO

N°	ANALISIS QUIMICO	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES	RESULTADOS (%)		
			PIEDRA 1/2"		PROMEDIO
	MUESTRA		M - 1	M - 2	
1	Potencial de Hidrógeno (PH)	>7	7,1	7,1	7,1

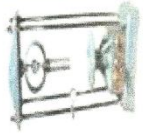
GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS







# 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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
 Telefono: 954877150-945417124 e-mail: Wilze82@hotmail.com

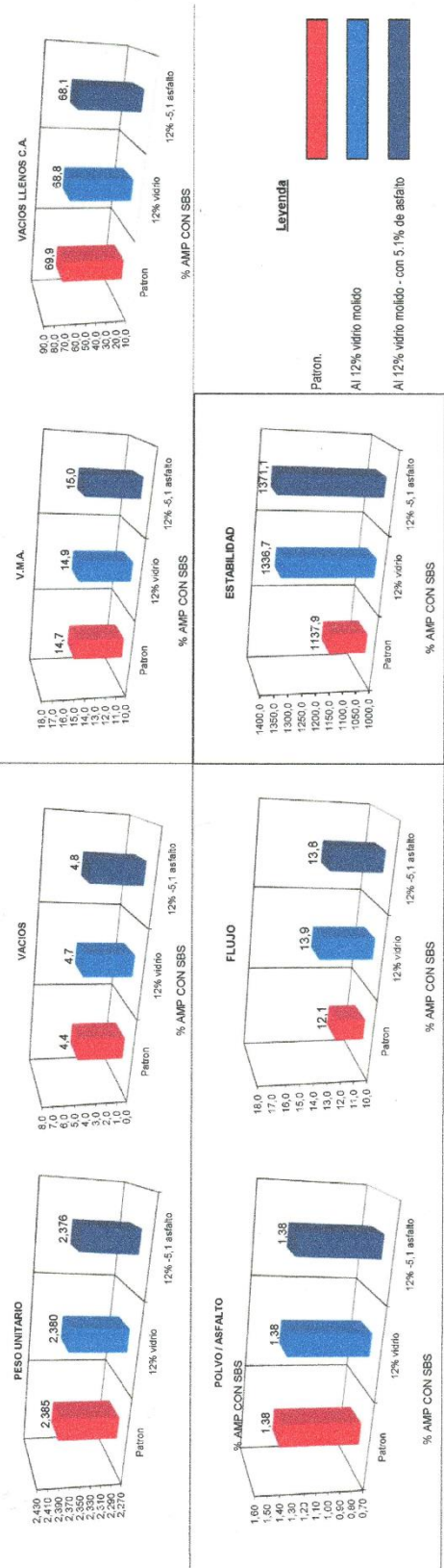
<b>INFORME</b>	
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>	

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO  
 POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO  
 SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

REGISTRO N°: 895 TESIS UCY  
 REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 REVISADO POR : W.J.Z.S.  
 FECHA DE ENSAYO : 01 DE JULIO DEL 2021

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. WILSON ZELAYA SANTOS  
 CIP N° 198373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

## Comparativo Sustituyendo al agregado fino al 12 % De vidrio molido GRÁFICOS DE BARRAS





# 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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
 Telefono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

INFORME			
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO REGISTRO N°: 895 TESIS UCV

SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 REVISADO POR : W.J.Z.S.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L. FECHA DE ENSAYO : 01 DE JULIO DEL 2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : Sustituyendo al agregado fino al 12 % De vidrio molido - al 5.10 % de cemento asfáltico

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	85,0	87,1	79,1	57,9	45,0	19,1	9,1	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,45			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,79			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53,82			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0,95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2,698			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,600			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,784			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,745			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1189,6	1200,0	1185,3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1184,3	1193,6	1184,0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				683,5	688,9	685,0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				500,8	504,7	499,0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,375	2,377	2,375	2,376	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2,496			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4,8	4,7	4,8	4,8	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,645			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,723			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,11			
22	% de Asfalto Efectivo					4,40			
23	Relacion Filler/Betun					1,38			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				15,1	15,0	15,1	15,0	14
25	% Vacios llenos con C.A.				68,0	68,4	68,0	68,1	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13,9	13,7	13,7	13,8	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1305	1330	1320		
28	Factor de estabilidad				1,04	1,04	1,04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1357	1383	1373	1371	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3906	4039	4008	3984	1700 - 4000

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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
 Teléfono: 954877150-945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

INFORME		
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL		

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO  
 POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO  
 REGISTRO N°: 895 TESIS UCV

SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO  
 REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 REVISADO POR : W.J.Z.S.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 FECHA DE ENSAYO : 01 DE JULIO DEL 2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : Sustituyendo al agregado fino al 12 % De vidrio molido

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	85,0	87,1	79,1	57,9	45,0	19,1	9,1	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.				
1 % C.A. en Peso de la Mezcla		5,45							
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla		39,79							
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla		53,82							
4 % Cemento portland en peso de la Mezcla		0,95							
5 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc		1,020							
6 Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc		2,698							
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc		2,600							
8 Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc		3,110							
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc		2,784							
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc		2,745							
11 Altura promedio de la briqueta cm									
12 Peso de la briqueta al aire (gr)		1186,7	1181,9	1184,0					
13 Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)		1187,2	1182,8	1185,5					
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)		689,5	686,1	687,0					
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)		497,7	496,7	496,5					
16 Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)		2,384	2,379	2,375				2,380	
17 Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)			2,496						
18 % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)		4,5	4,7	4,8				4,7	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total			2,645						
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total			2,773						
21 Asfalto Absorbido por el Agregado			1,11						
22 % de Asfalto Efectivo			4,40						
23 Relacion Miller/Setun			1,38						0.6 - 1.3
24 V.M.A.		14,7	14,9	15,1				14,9	14
25 % Vacios llenos con C.A.		69,7	68,7	67,9				68,8	
26 Flujo 0,01"(0,25 mm)		14,0	13,8	13,9				13,9	8 - 14
27 Estabilidad sin corregir (Kg)		1290	1280	1286					
28 Factor de estabilidad		1,04	1,04	1,04					
29 Estabilidad Corregida 27 * 28		1342	1331	1337				1337	MIN 815
30 Estabilidad / Flujo		3833	3859	3849				3847	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
 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: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640  
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

<b>INFORME</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>			

PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SUSTITUYENDO AL AGREGADO FINO POR UN 12% DE VIDRIO MOLIDO EN AV. JORGE CHAVEZ COISHCO REGISTRO N°: 895 TESIS UCV

SOLICITANTE : JOSE ENRIQUE CORDOVA MORENO REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
REVISADO POR : W.J.Z.S.

UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L. FECHA DE ENSAYO: 01 DE JULIO DEL 2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : Dosificación Patron

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	85,0	87,1	79,1	57,9	45,0	19,1	9,1	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,45			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,79			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53,82			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0,95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,698			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,600			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,784			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,745			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1183,3	1184,0	1183,0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)				1184,5	1185,1	1184,2		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				688,8	687,5	689,0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				495,7	497,6	495,2		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,387	2,380	2,389	<b>2,385</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2,496			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4,4	4,7	4,3	<b>4,4</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,645			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,723			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,11			
22	% de Asfalto Efectivo					4,40			
23	Relacion Filler/Betun					1,38			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				14,7	14,9	14,6	<b>14,7</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				70,3	68,8	70,6	<b>69,9</b>	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12,0	12,0	12,3	<b>12,1</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1120	1050	1010		
28	Factor de estabilidad				1,09	1,04	1,09		
29	Estabilidad Corregida 28 * 28				1221	1092	1101	<b>1138</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4069	3640	3580	<b>3763</b>	1700 - 4000

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

**ING. WILSON E. ZALAYA SANTOS**  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°17-LAQ/2021**

**Análisis de una muestra de vidrio molido por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de vidrio molido a pedido del Sr. Bach. Córdova Moreno, José Enrique, graduado de la Universidad Uladech Católica, como parte de su proyecto de tesis para optar el título profesional en la Universidad César Vallejo, titulada:

**“Propiedades Mecánicas de un Pavimento Flexible Sustituyendo al Agregado Fino el 10% de Vidrio Molido – Av. Jorge Chávez - Coishco.”**

La muestra está en forma de grano fino de color gris.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 5440 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como





# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Laboratorio de Arqueometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene comenzando con Al.

La presencia en el espectro de los rayos-X dispersados de oro por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

#### Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de vidrio molido. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos, y el pico de escape de Ca. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar







# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Laboratorio de Arqueometría

en un proceso de calcinación, La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100%, lo cual se puede deber a que la muestra contenga compuestos de Na y Mg, que esta técnica no puede detectar, o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Luego, estos porcentajes se normalizan al 100%. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de una muestra de vidrio molido en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.518	4.195
SiO <sub>2</sub>	67.000	79.878
SO <sub>2</sub>	0.272	0.325
ClO <sub>2</sub>	0.014	0.017
K <sub>2</sub> O	0.595	0.709
CaO	9.952	11.866
TiO	0.245	0.292
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.020	0.024
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.066	0.078
MnO	0.023	0.027
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.011	2.398
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.006
CuO	0.005	0.006
ZnO	0.094	0.112
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.012	0.014
SrO	0.026	0.031
ZrO <sub>2</sub>	0.020	0.023
Total	83.878	100.00







UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

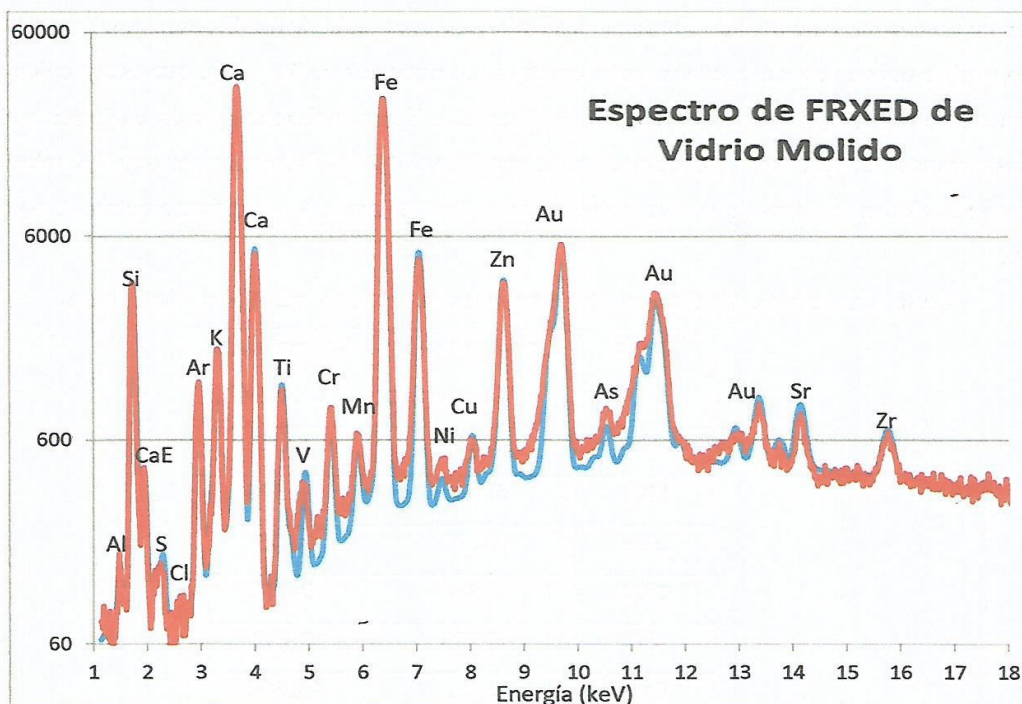


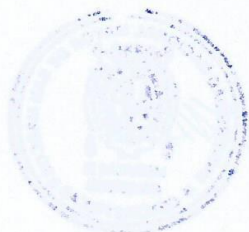
Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de vidrio molido en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y el pico de escape de Ca de 1.9 keV, así como los picos de rayos-X dispersados de Au por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 28 de junio del 2021



**ANEXO 6.**

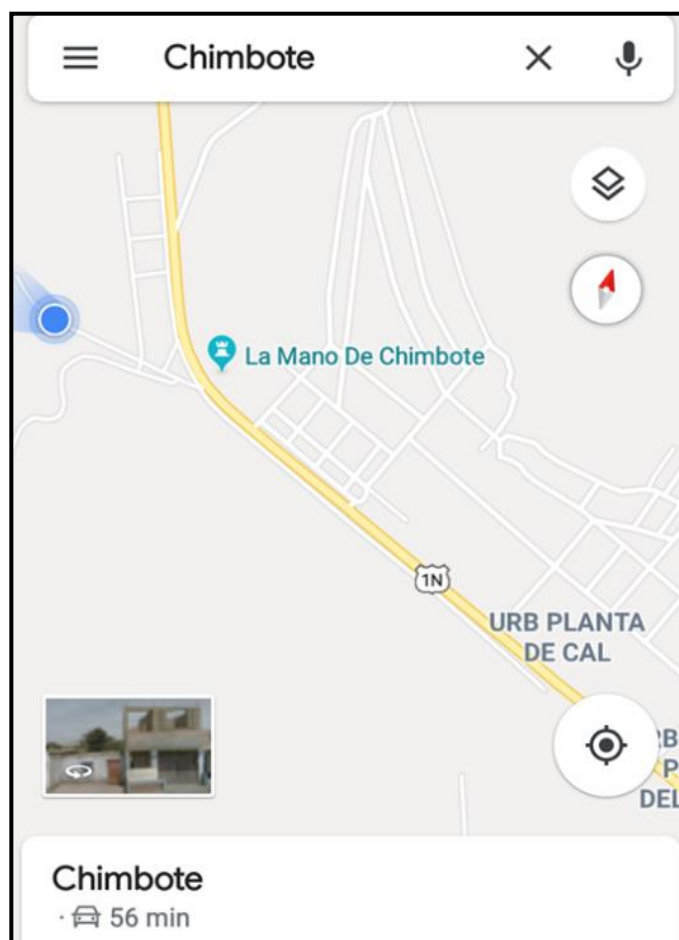
**PANEL FOTOGRAFICO**

# OBTENCIÓN DE MATERIALES

- Obtención del agregado Grueso y Agregado Fino

Nombre de la cantera : Rubén  
Ubicación de la cantera : Chimbote  
Accesibilidad : A la salida de Coishco yendo al sur  
Coordenadas : 762356.6E 9001469.1N 17L

**Figura N° 01:** Ubicación de la Cantera Rubén



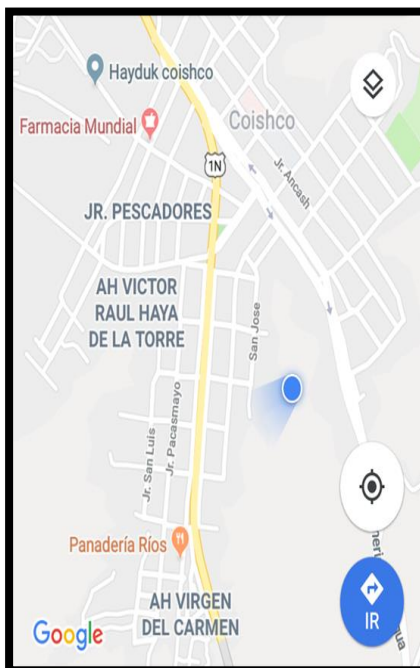
**Figura N° 02:** Ubicación de la extracción de los agregados



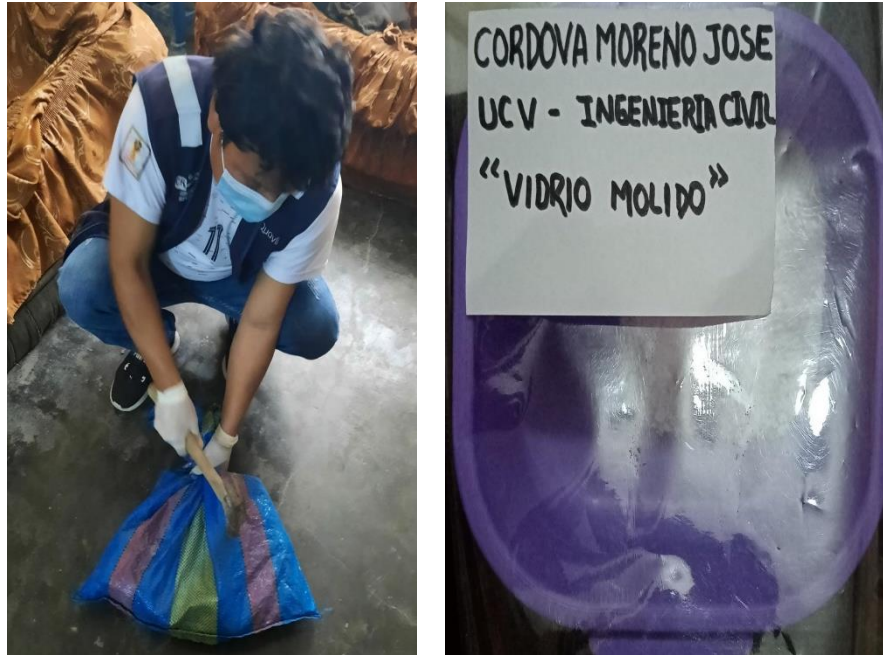
- **Obtención del vidrio**

Ubicación de la cantera : Coishco  
Accesibilidad : A los alrededores de Coishco  
Coordenadas : 762232.5E 8999764.5N 17L

**Figura N° 03:** Ubicación del lugar de recolección del vidrio



**Figura N° 04:** Trituración del vidrio



**Figura N° 05:** Pasado por la malla #200 para análisis de FRX y PH

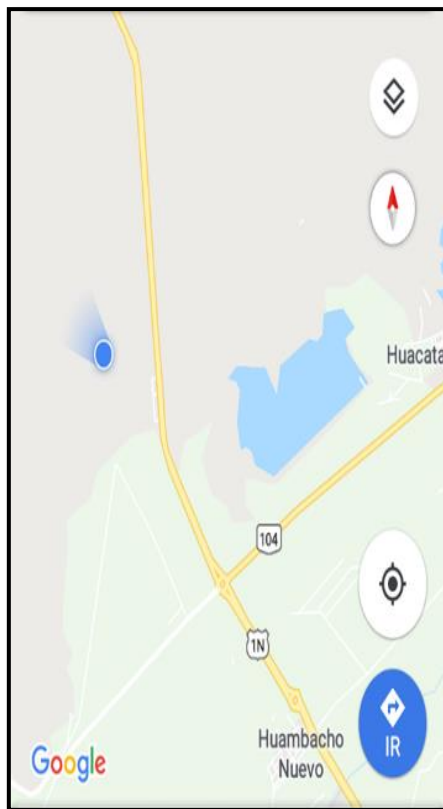




- **Obtención del cemento asfáltico**

Nombre de la cantera : Utexes Magnum  
Ubicación de la cantera : Huambacho Nuevo  
Accesibilidad : A la salida de Chimbote yendo al sur  
Coordenadas : 779729.4E 8978416.2N 17L

**Figura N° 06: Ubicación de la Cantera Utexes**



# ENSAYO DE LOS MATERIALES

Figura N° 07: Ensayo de contenido de humedad



Figura N° 08: Ensayo de Gravedad Específica y Absorción



## Elaboración de mezcla asfáltica

**Figura N° 09:** sustitución y mezclado de los agregados finos



**Figura N° 10:** Preparación de la mezcla asfáltica





**Figura N°11:** Compactado y desencofrado de las briquetas



**Figura N°12:** Pesos sumergidos y baño María de las briquetas



**Figura N°13:** Ensayo de estabilidad y flujo



**Figura N°14:** Ensayo RICE

