



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Implementación de grano de caucho reciclado para el  
mejoramiento de la mezcla asfáltica para un pavimento flexible en  
Ica, 2021.**

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

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Meza Quispe, Alex Anthony ([ORCID: 0000-0003-3515-8062](https://orcid.org/0000-0003-3515-8062))

**ASESOR:**

Dr. Benites Zúñiga José Luis ([ORCID: 0000-0003-4459-494X](https://orcid.org/0000-0003-4459-494X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo de investigación a toda mi familia, la cual siempre he contado con su apoyo en todo momento y son parte importante para poder lograr mis metas, motivándome y guiándome para alcanzar mis objetivos. Al mismo tiempo dedico el trabajo a Dios que me permite contar con buena salud y llenarme de la mejor energía para seguir avanzando.

## **Agradecimiento**

Al Dr. Benitez Zuñiga, asesor de la Universidad Cesar Vallejo, por compartir sus conocimientos y ofrecernos la guía necesaria durante el desarrollo del presente trabajo.

A Dios y a toda mi familia por guiarme y apoyarme en cada momento, de la misma manera a todas las personas que estuvieron involucradas en la guía y mejora del presente trabajo.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>25</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y operacionalización .....	27
3.3. Población, muestra y muestreo .....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos.....	30
3.6. Método de análisis de datos.....	34
3.7. Aspectos éticos .....	34
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS .....	67

## Índice de tablas

Tabla 1. Granulometría de agregados reciclados.....	14
Tabla 2. Granulometría de caucho reciclado.....	15
Tabla 3. Factorial para la dosificación de los cementos asfálticos proceso vía húmeda.....	16
Tabla 4. Requerimiento para los Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente.....	17
Tabla 5. Requerimiento para los Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente.....	17
Tabla 6. Gradación de los agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente.....	18
Tabla 7. Requisitos que deben cumplir estos pavimentos. ....	19
Tabla 8. Criterio de diseño de mezcla Marshall.....	22
Tabla 9. Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA).....	23
Tabla 10. Tabla con los valores de estabilidad incorporando caucho .....	38
Tabla 11. Tabla con los valores de flujo incorporando caucho.....	39
Tabla 12. Tabla de los valores de densidad con la incorporación de caucho .....	41
Tabla 13. Tabla de los valores de densidad con la incorporación de caucho .....	43
Tabla 14. Tabla de pruebas de normalidad de GCR y estabilidad .....	44
Tabla 15. Tabla de correlaciones de GCR y estabilidad .....	46
Tabla 16. Tabla de pruebas de normalidad de GCR y flujo.....	447
Tabla 17. Tabla de correlaciones de GCR y flujo .....	46
Tabla 18. Tabla de pruebas de normalidad de GCR y densidad.....	49
Tabla 19. Tabla de correlaciones de GCR y densidad .....	50
Tabla 20. Tabla de pruebas de normalidad de GCR y porcentaje de vacíos .....	52
Tabla 21. Tabla de correlaciones de GCR y porcentaje de vacíos.....	53

## Índice de figuras

Figura 1.Capas de un pavimento flexible .....	14
Figura 2.Proceso de fabricación del asfalto-caucho (vía húmeda).....	15
Figura 3.Molde de compactación .....	21
Figura 4.Máquina de Carga a compresión .....	21
Figura 5.Vacíos en una mezcla asfáltica .....	24
Figura 6.Preparación de agregados .....	32
Figura 7.Cemento Asfáltico a 170 °C .....	32
Figura 8.Elaboración de briquetas.....	32
Figura 9.Rotura de briquetas.....	32
Figura 10.Separando el porcentaje granulométrico del caucho. ....	33
Figura 11.Incorporación del grano de caucho al agregado .....	33
Figura 12.Mapa político del Departamento de Ica.....	35
Figura 13.Mapa político del Perú.....	35
Figura 14.Mapa político del Departamento de Ica.....	36
Figura 15.Mapa del Distrito de Ica.....	36
Figura 16.Briquetas elaboradas en laboratorio.....	37
Figura 17.Rotura de briquetas para obtener la estabilidad y flujo. ....	37
Figura 18.Valores de estabilidad incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho.....	38
Figura 19.Briqueta en el aparato Marshall .....	39
Figura 20.Briqueta con asfalto modificado. ....	39
Figura 21.Valores de flujo incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho. ....	40
Figura 22.Peso seco de la briqueta.....	41
Figura 23.Peso sumergido en agua de la briqueta.....	41
Figura 24.Valores de densidad incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho .....	42
Figura 25.Mezcla del C.A. con los agregados en caliente.....	43
Figura 26.75 impactos para cada cara del molde según norma.....	43
Figura 27.Valores de % de vacíos incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho .....	44

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible, teniendo como base los resultados en laboratorio empleando el método Marshall. La investigación es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, de diseño cuasi experimental, de nivel explicativo, como población se considera los dos procedimientos, las cuales son, mezcla asfáltica en caliente convencional y la mezcla asfáltica en caliente incorporando GCR. Como muestra se está considerando las 24 briquetas y su muestreo es no probabilístico. Como técnica se utilizó la observación directa y ensayos de laboratorios (mediciones), los instrumentos a usar fueron las fichas de recolección de datos procesados en Excel y los equipos de laboratorio calibrados.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, en los cuales se demuestra que en un rango de 0.5% a 1% de grano de caucho se puede conseguir mejoras para la mezcla asfáltica para pavimento flexibles. Se concluyó que los granos de caucho influyeron positivamente en la mezcla asfáltica para pavimento flexible, aportando mejoras en sus propiedades como estabilidad, flujo, densidad y porcentaje de vacíos.

**Palabras clave:** Caucho reciclado, método Marshall, estabilidad, flujo.

## **Abstract**

The objective of this research was to demonstrate the influence of the implementation of recycled rubber grain in the asphalt mixture for flexible pavement, based on the results in the laboratory using the Marshall method. The research is of an applied type, quantitative approach, quasi-experimental design, explanatory level, as a population the two procedures are considered, which are, conventional hot asphalt mixture and hot asphalt mixture incorporating GCR. The 24 briquettes are being considered as a sample and their sampling is not probabilistic. As a technique, direct observation and laboratory tests (measurements) were used, the instruments to be used were the data collection sheets processed in Excel and the calibrated laboratory equipment.

The results obtained were satisfactory, in which it is shown that in a range of 0.5% to 1% of rubber grain, improvements can be achieved for the asphalt mixture for flexible pavement. It was concluded that the rubber grains positively influenced the asphalt mixture for flexible pavement, providing improvements in its properties such as stability, flow, density and percentage of voids.

**Keywords:** Recycled rubber, Marshall method, stability, flow.

## I. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras viales cumplen un rol muy importante en el mundo, son vías de comunicación que nos facilitan el acceso a muchos lugares, es por ello que debemos tener en constante mantenimiento estas mismas y siempre buscar nuevas opciones que nos permita poder darles mayor vida útil, por ello se propone este proyecto el cual consisten implementar un material reciclado en este caso nos referimos al caucho de los neumáticos reciclados, siendo granulados, de tal manera que permita adicionar a la mezcla asfáltica, mejorando así las propiedades mecánicas de esta. El presente proyecto ya es empleado en diversos países de forma legal como en Canadá, Colombia, Estados Unidos y España; especialmente en Colombia , en la ciudad de Bogotá, el desecho de llantas comenzaron a ser revisadas en el año 2000 por el DAMA, por medio de un diagnóstico que estimó cuatro alternativas para su aprovechamiento, entre ellas, su utilización como materia prima para el pavimento asfáltico opción que fue escogida como la mejor estimando aspectos tecnológicos, ambientales y sociales [1].

Únicamente el 16% de la red vial en el Perú se encuentra asfaltada, lo que nos indica ciertas limitaciones y dificultades que tienen los usuarios para llegar a ciertos destinos del país. Teniendo en cuenta los puntos medios relacionados ,para el desarrollo de un país es sumamente importante las infraestructuras viales, puesto que provoca comunicación y articulación entre sus regiones, aumentando la competitividad a través de la reducción de costos y tiempos destinados a transportar la mercancía hacia los mercados locales e internacionales [2], con lo expuesto podemos sintetizar que en el Perú hace falta más carreteras y que mejor opción de realizarlas con la mejor calidad posible y optimizando algunos gastos como el mantenimiento constante, por ello se propone este proyecto de implementar el caucho reciclado en la mezcla asfáltica, cabe mencionar que estaríamos aportando a una construcción sostenible, generando un impacto ambiental positivo , ya que no

se le da un buen uso al caucho de los neumáticos que se desechan provocando una mayor contaminación.

En el ámbito local, en la ciudad de Ica, se busca promover el mejoramiento de las carreteras que existen en esta localidad, ya que se puede apreciar en muchas calles la ausencia de mantenimiento del pavimento. Por lo que se hace mención al presente estudio el cual demuestre los beneficios que el caucho reciclado en forma de granos pueda brindar, mejorando la mezcla asfáltica para el pavimento flexible brindando a las pistas una mayor duración y resistencia. Por ello se consideró en la presente investigación como problema general: ¿De qué manera la implementación de grano de caucho reciclado influye en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021? Así mismo se presentan los problemas específicos como: i) ¿En qué medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021?, ii) ¿En qué medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en el flujo de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021?, iii) ¿En qué medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en la densidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021? , iv) ¿En qué medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021?

Teniendo como justificación teórica y práctico lo siguiente, la reutilización de caucho de neumáticos reciclados es una idea ya usada en varios países, el cual nos permite un mejoramiento al pavimento brindándole una mejora considerable a las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica. El desecho de los neumáticos o llantas genera un problema importante en el medio ambiente, ya que muchas veces no se le da un buen uso una vez que son desechadas y solo aumentando la contaminación ya que muchas veces son incendiadas para poder deshacerse de ellas, provocando gases que dañan a las personas en su salud, así mismo estos gases aportan a debilitar la capa de ozono deteriorándola. Los Granos de Caucho Reciclable (GCR) que se obtienen de los neumáticos usados ,lo primero que se

hace es aislarlo de los materiales como fibras o metales que tienen los neumáticos, luego pasar por los diversos granuladores los cuales reducen el tamaño del caucho mediante cuchillas, de tal manera que pueda ser adicionada a la mezcla asfáltica para poder realizar el ensayo Marshall MTC E504-2000, el cual me brindará los datos de las propiedades mecánicas del pavimento que el caucho reciclado estaría mejorando, tales como la estabilidad, el porcentaje de vacíos, fluencia y estabilidad.

Como justificación social y metodológica se presenta lo siguiente, con esta investigación se busca que los usuarios que transiten por dicha calle puedan hacerlo con una mayor seguridad, además que, al ser una construcción sostenible, genera un impacto social ambiental positivo. Generalmente las llantas o neumáticos luego de su vida útil con los vehículos no tienen un destino bien controlado ambientalmente, por ello, se busca encontrar un uso apropiado, cabe mencionar que es un material de gran potencial para el reciclaje, y en este caso se podría destinar para el mejoramiento de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en la ciudad de Ica, que se encuentra en mal estado. Esta investigación busca aportar ideas ecológicas, primero se realizará un ensayo de la mezcla asfáltica convencional y luego otro ensayo con la mezcla asfáltica modificada con grano de caucho, así poder generar una forma de participación en el desarrollo sostenible, elaborando carreteras ecológicas, ya que a su vez las capacidades que brinda los granos de cauchos reciclables en el asfalto son muy optimas y dando mayor seguridad a los transportistas.

Así también la investigación cuenta como objetivo general: Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021. Y como objetivos específicos los siguientes: i) Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021. ii) Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica, 2021. iii) Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la densidad de la

mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021. iv) Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.

A su vez la presente investigación cuenta como hipótesis general: La implementación de grano de caucho reciclado influye en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021. Y como hipótesis específicas las siguientes: i) La implementación de grano de caucho reciclado influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021. ii) La implementación de grano de caucho reciclado influye en el flujo de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021. iii) La implementación de grano de caucho reciclado influye en la densidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021. iv) La implementación de grano de caucho reciclado influye en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales en esta investigación, Gonzales y Quispe (2019), con el objetivo general de analizar si la incorporación del grano de caucho reciclado incide en el diseño de mezcla asfáltica en caliente del pavimento flexible de la Av. Santa Rosa, 2019. Fue un estudio de tipo aplicada y experimental. La investigación tuvo dos poblaciones, en la que se enfocan principalmente son en un par de tipos de mezcla asfáltica en caliente; la primera es la mezcla asfáltica caliente con un contenido de cemento asfáltico de 6.5% y la siguiente es mezcla asfáltica con cemento asfáltico con un contenido de 5.5% incorporando las dosificaciones siguientes de 1%, 2% y 3% del grano de caucho reciclado; a lo cual comprende ser materia de ensayos de laboratorio con la finalidad de obtener los datos de sus propiedades para el diseño, esto se realizó previo y posteriormente de la incorporación con sus respectivas dosificaciones de GCR correspondiente y el muestreo fue no probabilístico. El formato de resultado de mediciones de indicadores de la matriz constancia fueron los instrumentos que se emplearon. Los principales resultados fueron Resultado óptimo para el diseño de mezcla asfáltica: arena triturada 36%, arena natural 19%, grava triturada 45%, grano de caucho 3.0%, C.A. 5.5% teniendo las siguientes propiedades: Relación Vacíos – Densidad: 51.92, Fluencia: 2.8, Estabilidad: 561.9, Peso unitario: 1.228, Relación estabilidad / fluencia: 1886. Teniendo así que la incorporación de GCR afecta de manera positiva a las propiedades del diseño de mezcla asfáltica, consiguiendo que con una dosificación de 3% de residuo de caucho, pueda aumentar su resistencia la mezcla asfáltica e incrementar los parámetros mínimos de diseño. Se concluyó que el empleo de GCR repercutió en el diseño de mezcla asfáltica; mejorando sus propiedades del diseño de mezcla en caliente del asfalto a través de una efectiva, se consiguió elaborar el diseño de mezcla del pavimento donde no se pudo ver mayor importancia y lo relativo que brinda un beneficio al medio ambiente, al agregar el caucho se percibió un mayor ahorro en el uso del material pétreo al agregar el caucho reciclado de difícil dosificación, exponiendo impactos menores universales en relación a la atmosfera y en segundo grado a la superficie [3].

Robles (2018), con el objetivo general de determinar en qué manera la incorporación de partículas de caucho reciclado mejora el comportamiento de la mezcla asfáltica convencional en pavimentos flexibles en Ate - Lima, Perú, 2018. Fue un estudio de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y con un diseño cuasi experimental. La presente investigación consideró que la población está conformada por las 33 briquetas de mezcla asfáltica, de las cuales se llevarán a cabo los distintos ensayos a los agregados normado por el MTC. Los instrumentos empleados fueron ante todo los registros y formatos que se emplearon en los ensayos efectuados en RCP LABORATORIO de donde los datos conseguidos se incluirá en el anexo. Considerando los diferentes diseños de mezcla asfáltica que se realizaron se obtuvieron los siguientes resultados con Asfalto 60/70 en porcentaje de 4.5% adicionándole 0.5% de grano de caucho se obtuvo una densidad de 2.42 gr/cc, % de vacíos: 8.24 %, VMA: 15 %, VFA : 46.84%, estabilidad : 2012 Kg. Y Flujo: 3.03 mm. Con Asfalto 60/70 en porcentaje de 5% adicionándole 1% de grano de caucho se obtuvo una densidad de 2.457 gr/cc,% de vacíos : 7.03 %,VMA : 15.16 %,VFA : 53.61%,estabilidad : 1826 Kg. Y Flujo: 3.43 mm. Con Asfalto 60/70 en porcentaje de 5.5% adicionándole 1.5% de grano de caucho ,se obtuvo una densidad de 2.462 gr/cc,% de vacíos : 5.22 %,VMA : 14.76 %,VFA : 64.63%,estabilidad : 1775 Kg. Y Flujo: 5.07 mm. Con Asfalto 60/70 en porcentaje de 6% adicionándole 2% de grano de caucho se obtuvo una densidad de 2.479 gr/cc, % de vacíos: 3.93 %,VMA : 14.86 %,VFA : 73.59%,estabilidad : 1731 Kg. Y Flujo: 5.7 mm. Con Asfalto 60/70 en porcentaje de 6.5% adicionándole 2.5% de grano de caucho, se obtuvo una densidad de 2.477 gr/cc,% de vacíos : 2.51 %,VMA : 14.93 %,VFA : 83.42%,estabilidad : 1902 Kg. Y Flujo: 6.17 mm. Se concluyó conforme al estudio del objetivo general elaborado, La incorporación de partículas de caucho reciclado influye en el comportamiento de la mezcla asfáltica convencional en pavimentos flexibles en Ate - Lima, Perú, 2018. Mejora el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente [4].

Guillen y Poma (2019), tuvieron como objetivo la determinación de la influencia de la implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para

pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos. Fue un estudio de tipo aplicada y experimental. La población de estudio fueron todas las calles de la Urbanización Canto Bello - San Juan de Lurigancho, Lima, 2019, con características parecidas a la calle a investigar, el tamaño de la muestra contó con una longitud de 700 metros (la calle los Eucaliptos en su totalidad), y el muestreo fue no probabilístico. Los instrumentos empleados fueron los ensayos de laboratorio y las fichas de recolección de datos. Los principales resultados fueron que con el 5% de caucho reciclado agregado a la mezcla asfáltica se mantiene dentro de los criterios solicitados por las especificaciones técnicas. La mezcla asfáltica incorporando un 5% de caucho reciclado aumenta la estabilidad a un valor de 224 kg, esto indica que la resistencia a las deformaciones permanentes aumenta. Para la preparación de mezclas de tipo b, se estima un valor de 544 como estabilidad mínima, por lo tanto, con el 5% de caucho modificado nuestra mezcla se halla dentro de los criterios predeterminados. La mezcla asfáltica añadiéndole un 5% de caucho reciclado brinda un mejor flujo del asfalto en un 0.71, en otros términos, elude las deformaciones permanentes, consiguiendo los factores requeridos en la norma. Para la preparación de mezclas de tipo b, se necesita que el flujo se halle dentro de los parámetros, por consiguiente, la incorporación del 5 % de caucho modificado a la mezcla se halla dentro de los parámetros por la norma técnica. La mezcla modificada con un 5% de caucho, es la excelente (mezcla óptima). Se concluyó que una vez culminada la presente investigación se puede verificar que la incorporación del caucho reciclado en el diseño de Mezclas Asfálticas, influye satisfactoriamente, siendo verídico para poder aumentar las propiedades mecánicas de la mezcla convencional, por lo que se consigue una mezcla más resistente a las deformaciones ofreciendo una mayor duración en su uso [5].

Seguidamente los antecedentes internacionales como, Chamba y Benavides (2019), cuyo objetivo fue el diseño de una mezcla asfáltica usando como agregado el caucho de llantas recicladas, de esta manera analizar la reacción de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica por medio de comparación de ensayos de la mezcla convencional con la mezcla modificada, de este modo

poder establecer el porcentaje ideal para el diseño de la misma. Fue un estudio experimental y de tipo aplicada. No cuenta con una población de estudio específica. Los principales resultados se obtuvieron mediante el uso de 3 porcentajes diferentes de caucho que fueron incorporados a la mezcla en cantidad de 0.5%, 1% y 1.5% se consiguen una mejora en Estabilidades que obedece los parámetros de diseño para una carpeta asfáltica; por otro lado, adicionando caucho e 2% y 2.5% a la mezcla la estabilidad baja sus valores, eso quiere decir, que mientras mayor sea la cantidad de caucho a la mezcla, la estabilidad va a disminuir. Respecto al % de vacíos para los valores obtenidos con 0.5% y 1% de la mezcla fabricada con caucho se consiguieron resultados dentro de los criterios permitidos para el diseño de una mezcla asfáltica, pero con la implementación de caucho en 1.5%, 2% y 2.5% los resultados no son lo ideal ya que no se encuentran dentro de los parámetros establecidos. Esto quiere decir que los vacíos de aire en una mezcla aumentarán mientras se le incorpore mayor contenido de caucho a la mezcla, lo cual también ocurre conforme que el contenido de cemento asfáltico se reduce. En la densidad Bulk las mezclas modificadas con caucho se puede apreciar que ésta reduce conforme la cantidad de caucho aumenta, el motivo por el cual la densidad se reduce se puede dar a que los granos de caucho al relacionarse con el ligante, se inflan, de tal manera que las briquetas aumentan su volumen provocando una alteración en sus pesos donde mientras el porcentaje de caucho sea mayor, el peso de la briqueta se reducirá. Los vacíos en el agregado mineral (VMA) acrecientan conforme el porcentaje de caucho se incrementa. Todas las dosificaciones de caucho presentan una disposición esperada y cumplen los parámetros solicitados para el diseño, así mismo cumple con la mezcla convencional. En los vacíos llenos de asfalto (VFA) de la mezcla mejorada se puede observar que se reduce conforme el porcentaje de caucho aumenta, por ello, la incorporación de caucho de 1.5% permite un acercamiento a los resultados deseados y podría estar dentro de los parámetros de diseño, por otro lado, con los porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 2.5% de caucho no se encuentran dentro del intervalo permitido. Para la mezcla mejorada con caucho los valores de flujo que se hallan dentro los parámetros establecidos para un diseño son con los valores del 0.5% y 1% de caucho, en cambio los

porcentajes de 1.5%,2% y 2.5% excede el límite superior que se especifica en norma. Se concluyó que con los porcentajes óptimo de caucho son 0.5% y 1% ya que se consigue mejores resultados en flujo, estabilidad y demás factores Marshall diseñado para un tráfico pesado donde su dosificación en ambos porcentajes de GCR son: 1) 38.5% de agregado grueso (3/8"- Cisco), 39% de agregado grueso (3/4"), 6.2% de asfalto ,22% de agregado fino y 0,5% de GCR. 2) 38% de agregado grueso (3/8"- Cisco), 39% de agregado grueso (3/4"), 22% de agregado fino, 6.2% de asfalto y 1% de GCR [6].

De Jesús (2019), tuvo como objetivo analizar el desempeño de una mezcla asfáltica modificada al incorporar GCR de neumáticos ante el efecto de fatiga. Fue un estudio de tipo aplicada y experimental. No cuenta con una población específica. Los instrumentos empleados fueron Hojas de cálculos y los ensayos de laboratorios que se usaron para recopilación los datos. Los resultados fueron que la mezcla asfáltica modificada con 2 % de GCR es aquella con el valor de módulo resiliente más alto, lo que significa que mejora la rigidez de la mezcla asfáltica, haciendo que con este valor se determine cuál será el porcentaje óptimo de GCR a utilizarse en la mezcla, la mezcla asfáltica convencional tiene un valor de módulo resiliente de 3289 MPa mientras que la modificada tiene un valor de 4662 MPa dando como resultado un incremento del módulo del 43 % en relación a una mezcla asfáltica convencional. El ensayo Cántabro o pérdida de desgaste fue realizado a tres probetas de cada condición, de las cuales se obtuvo un valor promedio de desgaste, el cual es representado en la gráfica previa, en la cual podemos observar que una mezcla asfáltica convencional tiene 5.5 % de desgaste, mientras que las mezclas modificadas con GCR tienen menor desgaste, de ellas cabe recalcar que aquella mezcla elaborada con el 2 % de polvo de caucho nos da un desgaste de 2.1 %, el cual es el menor desgaste de todas las mezclas modificadas, corroborando así cual es el porcentaje óptimo de asfalto para mejorar las condiciones de la misma. Al realizar una comparación de la vida a la fatiga de las distintas muestras se puede observar que los ciclos de carga en la muestra que fue sometida a un esfuerzo controlado de 250 KPa, dato 103 recomendado por la norma, mejora la resistencia

a la fatiga en la mezcla modificada con el 2 % de GCR en un 93.64 %, mientras que la muestra sometida al esfuerzo de 400 KPa, valor seleccionado para realizar los ensayos debido a la rigidez de la muestra tiene un incremento de resistencia a la fatiga de 34.04 % con respecto a la convencional. Se concluyó que la mezcla asfáltica modificada con GCR incrementa la resistencia a la fatiga en 55.15 % lo que quiere decir que este pavimento tendrá un mayor tiempo de vida útil y menor necesidad de mantenimiento [7].

A sí mismo en el artículo de investigación internacionales tenemos ,Cardoza, Ángulo y Palomino (2019) en Colombia, tuvieron como objetivo principal obtener una mayor información enfocado en el reciclaje de grano de caucho y del empleo que se le da en las mezclas asfálticas en Colombia, donde se ha aplicado consiguiendo considerables avances en el ámbito económico y ambientales .Fue un estudio descriptivo y documental, tuvieron como resultado en el aspecto de impacto ambiental que el porcentaje de impacto positivo que genera el usar el material de caucho de las llantas para modificar y mejorar las mezclas asfálticas es alto otorgando beneficios medio ambientales. Además, en el impacto económico resultó una opción muy costosa al momento, pero de gran inversión a largo plazo ya que según la asociación nacional de Estados Unidos al reemplazar el 25% de asfalto con caucho de llantas permitiría una durabilidad mayor y otorga un agarre superior a los coches en la vía [8].

Hoyos, Muñoz y Puicón (2021), tuvieron como objetivo interpretar los métodos y procesos que se utilizan con la aplicación de CR (Caucho Reciclado), determinar la cantidad optima en porcentaje y analizar los beneficios que otorga en función con las mezclas asfálticas. Fue un estudio teórico descriptivo, obteniendo como resultado que existe una variación de un rango de 1% - 20% en el peso de la mezcla asfálticas al ser incorporadas con el porcentaje óptimo de caucho reciclado. A su vez, la utilización de caucho reciclado proporciona muchos beneficios a la mezcla, entre ellos tenemos: resistencia a la susceptibilidad, a la permeabilidad, a la

formación de surcos, al envejecimiento y a la tracción indirecta; aportando una mayor vida útil a la mezcla en relación a la fatiga, así mismo reduce el ruido [9].

Figuroa y Fonseca (2015) en Colombia, tuvieron como objetivo analizar materiales no biodegradables (caucho de llantas usadas y polietileno) y darle un mejor uso como sellantes de fisuras en pavimentos asfálticos. Es un estudio aplicativo. Se obtuvo como resultados que en la estructura no se consiguió cambios significativos se realizaron ensayos como la caracterización fisicoquímica de los materiales para obtener una cantidad óptima de los materiales en relación al campo [10].

Peláez, Velásquez y Giraldo (2017) tuvieron como objetivo la disminución del impacto ambiental negativo, dando una disposición adecuada al finalizar su vida útil de estos materiales. Es un artículo con estudio teóricos. Se obtuvo como resultado evidenciar los problemas ambientales, y analizar que el caucho reciclado carece de algunas propiedades a diferencia del caucho virgen, que ofrece un mejor desempeño [11].

Reyes, Sierra y Becerra (2020) en Colombia, tuvieron como objetivo la determinación de los usos referentes al estado de investigación, su interacción como reemplazo de los agregados y su comportamiento mecánico del caucho. Tuvo un estudio teórico ya que este artículo busca recolectar información de revistas, documentos científicos, informes ya sea cualitativa y cuantitativa relacionada al caucho reciclado. Se llegó a la conclusión de que al aumentar gran cantidad de caucho reciclado su desempeño se reduce al no conseguir la resistencia de una mezcla convencional, pero esto mejora al añadir acelerantes o aditivos mejorando sus resultados en cuanto a la flexión y compresión, así mismo reduce el peso de la mezcla [12].

Muñoz, Vidaurre, Asenjo y Gavidia (2021) tuvieron como objetivo el estudio de la utilización del caucho de llantas trituradas para la producción de concretos en general. Tuvo un estudio teórico. Se obtuvo como resultado que en general los

investigadores han propuesto una cantidad máxima no mayor al 20% del total del volumen del agregado y un tamaño menor al caucho desmenuzado [13].

Para elaborar la presente investigación se ha tenido como referencias muchas teorías las cuales han implementado este mismo método, con el fin de obtener una mejora para los pavimentos flexibles ya que son sometidos a diversos factores que provocan sus desgastes, tales como el cambio climático, el alto tránsito, entre otros. Por ello, se sugiere utilizar un material reciclable el cual es el caucho reciclado que brindara mejoras en su resistencia y durabilidad.

Las referencias de las teorías definen a las llanta triturada o grano de caucho reciclado, como un modificador de asfaltos que repercute en forma benéfica en la resistencia y flexibilidad a la rigidez de las mezclas, esto se observa en el aminoramiento de las grietas. Los cauchos sintéticos y naturales SBR (cauchos sintéticos derivados del petróleo) y como SBS (caucho natural), son los principales componentes de los que están hechas las llantas; así mismo también forman parte de estas, aditivos entre los que destacan resinas fenólicas, negro de humo, aceites, ácidos grasos y sulfuro. Estos componentes, que son catalogados desechos del parque automotor, se le pueda dar un mejor uso de tal manera que se plantee alternativas para su manejo. El caucho natural proporciona propiedades elásticas, en tanto que el caucho sintético aporta la estabilidad térmica [14]. Por lo general para el uso de pavimento flexible, se busca mejorar sus propiedades tales como la resistencia y su rigidez bajo carga la susceptibilidad térmica. Cuando se necesita que la superficie de una carretera cuente con una vida útil prolongada a la normal es ahí donde se recurre al uso de esta tecnología siendo usada de manera frecuente, o en aplicaciones especializadas a través de las cuales se consiguen que las capas asfálticas cuenten con un espesor más de lo que normalmente se requiere [15].

Algo realmente interesante es el uso que se le puede dar al caucho granulado, al ser aplicado como parte de los materiales de las capas asfálticas que son utilizadas en las construcciones de pistas, de tal manera que se utilice en remplazo de los áridos de una cantera. Las carreteras que son pavimentadas presentan mayor

seguridad y son una mejor opción. Así mismo, el caucho que proviene de las llantas usadas también pueden ser usadas como agregado (hormigón de asfalto modificado) o como una capa selladora o material ligante del asfalto (caucho asfáltico). Según el método que se utilice se pueden necesitar entre mil y siete mil llantas por Km de carretera que cuente con dos carriles, es por ello que estas altas cifras proponen que la reutilización para uso de un pavimento asfáltico sea una gran solución ,para darle un mejor uso a neumáticos que cumplieron su ciclo de vida [16].

La estructura de un pavimento flexible está formada por capas granulares (base, subbase) y cuenta también con una capa de rodadura en forma de carpeta que está formada bituminosos componentes como agregados, aglomerantes y de ser necesario aditivos. Principalmente se toma en cuenta como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: tratamiento superficial bicapa, mortero asfáltico, macadam asfáltico, micro pavimentos, mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas en frío [17]. Se busca una mezcla compacta, pero lo suficientemente plástica para absorber grandes golpes y sobrellevar un alto volumen de tránsito pesado. Las utilizations de pavimentos flexibles se emplean principalmente en zonas que presentan un tráfico abundante como pueden ser estacionamientos, acera o vías. Las construcciones de pavimentos flexibles se llevan a cabo a base de diversas capas de material. Las cuales están sometidas a cargas por encima de la capa. Cuando la carga supera la resistencia de la capa, esta la transmite a la capa inferior. De esta manera se procura que los conjuntos de capas puedan soportar la carga total. Según la capacidad de carga se ira colocando en el pavimento flexible que conforma un suelo. El que mayor capacidad portante presenta es la capa superior, por lo tanto, la capa que menos capacidad de carga cuenta es la capa que se encuentra en la base. Se estima una durabilidad no menor a 8 años y generalmente suele contar 20 años de vida útil un pavimento flexible. Este tipo de pavimento está conformado generalmente de una carpeta asfáltica y además de la base, sub-base y terracería [18]. Otro punto importante a mencionar es la presencia de agua, ya que influye en el comportamiento de los pavimentos, por ende, es definitiva su relación con la mezcla, provocando la disminución de su

resistencia de los materiales así mismo producir una presión hidrostática que sometan a la carpeta de rodadura o asfáltica a un sobreesfuerzo induciendo su levantamiento hasta destruirla [19].

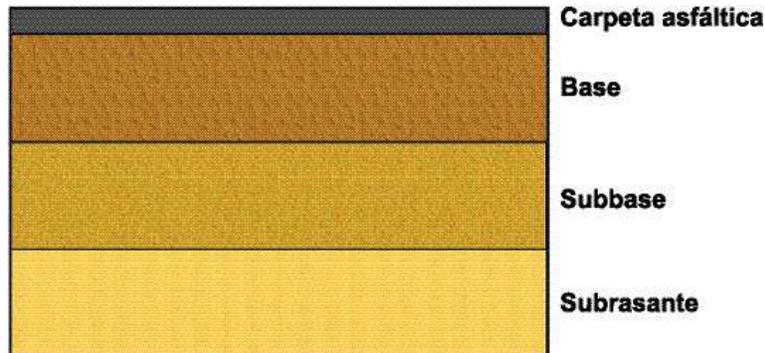


Figura 1. Capas de un pavimento flexible

Fuente: IngenieríaReal.com

Con respecto al concepto de su granulometría, las partículas de caucho para la mezcla asfáltica que ofrece mejores resultados en relación es de un tamaño aproximado de 0.425 mm (tamiz No. 40 en un ensayo de granulometría por tamizado) [20].

Tabla 1. Granulometría de agregados reciclados

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alternativo	
37.5 mm	1 1/2"	100
25 mm	1"	75-100
19 mm	3/4"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	No. 4	30-60
2.00 mm	No. 10	20-45
425 µm	No. 40	10-30
75 µm	No. 200	5-20

Fuente: Libro de Pavimentos: Materiales, construcción y diseño.

El GCR que se usó se determinó como tamaño fino, es decir, que sus partículas no pasan del tamiz No. 30 (595 µm), por lo que se necesita una buena interacción entre

el cemento asfáltico y el caucho por ellos se consideró las partículas finas. En la tabla 2 se puede observar más a detalle la granulometría del GCR [21].

**Tabla 2.** *Granulometría de caucho reciclado*

Normal ( $\mu\text{m}$ )	595	297	74
Alternativo	No. 30	No. 50	No. 200
% que pasa	100	7,5	1,5

Fuente: Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos.

Para utilizar el grano de llanta triturado (GCR) existe dos métodos que permiten modificar las propiedades de la mezcla asfáltica. A estos dos métodos de modificación se les conoce por vía seca y vía húmeda. Por vía húmeda, el GCR es incorporado a la mezcla asfáltica a una temperatura elevada; luego este ligante, ya mejorado, es añadido al agregado pétreo para elaborar la mezcla asfáltica. (Según la Figura 2). Por vía seca, el agregado pétreo es remplazado por el GCR (normalmente se reemplaza por los agregados más finos) y se somete al horno para mantener una temperatura alta, posterior a ello se mezcla con el asfalto y se crea la mezcla asfáltica [22].



**Figura 2.** Proceso de fabricación del asfalto-caucho (vía húmeda)

Fuente: Rubberizedasphalt.

Para la dosificación se diseñó teniendo como prioridad el tipo de ligante siendo la variable de entrada, la temperatura de mezclado, el tiempo de digestión y el porcentaje de GCR. La variable de respuesta para conseguir el porcentaje óptimo de GCR fue la viscosidad Brookfield a 163°C del ligante modificado con GCR, la cual según CALTRANS, debería estar en un rango de 1500 y 3000 cP (10-2 Poises). La factorial para la dosificación del GCR se efectuó de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 3[23].

**Tabla 3.** *Factorial para la dosificación de los cementos asfálticos proceso vía húmeda*

Cemento asfáltico	Contenido de GCR (%)	Temperatura de mezclado (°C)	Tiempo de Reacción (min)
Barranca 70/90 - (B)	15, 20	155, 165	45, 50, 55, 60, 70, 80
Apiay 60/70 - (A)	10, 13, 15, 20	155, 165	45, 50, 55, 60, 70, 80

Fuente: Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos.

Para los pavimentos urbanos se deben seguir ciertos parámetros, los cuales nos indicados en la Tabla 4 que deberán ser cumplidas para diseñar una buena mezcla asfáltica.

**Tabla 4.** *Requerimiento para los Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente.*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Pérdida en Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	12 % máximo	10 % máximo
Pérdida en Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	18 % máximo	15 % máximo
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	40 % máximo	35 % máximo
Índice de Durabilidad	MTC E – 214 (1999)	35 % mínimo	
Partículas chatas y alargadas *	ASTM D – 4791 (1999)	15 % máximo	
Partículas fracturadas	MTC E – 210 (1999)	Según Tabla 12	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.021:2002	1,00 %	Según Diseño
Adherencia	MTC E – 519 (1999)	+ 95	

\* La relación a emplearse para la determinación es: 5/1 (ancho/espesor o longitud/ancho)

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos

**Tabla 5.** *Requerimiento para los Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente.*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	Según Tabla 13	
Angularidad del agregado fino	MTC E – 222 (1999)	Según Tabla 14	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E – 220 (1999)	4 % mínimo	6 % mínimo

Índice de Durabilidad	MTC E – 214 (1999)	35 mínimo	
Índice de Plasticidad	MTC E – 111 (1999)	Máximo 4	NP
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	MTC E – 205 (1999)	0,50 %	Según Diseño

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos

En la siguiente tabla se apreciará a mayor detalle algunas gradaciones usadas comúnmente en relación a la granulometría de los agregados pétreos para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente [24].

**Tabla 6.** Gradación de los agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente.

Tamiz	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80 - 100	100	-
12,5 mm (1/2")	67 - 85	80 - 100	-
9,5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4,75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2,00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 µm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N° 80)	08 - 17	08 - 17	09 - 19
75 µm (N° 200)	04 - 08	04 - 08	05 - 10

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos

En base al diseño estructural de pavimentos urbanos, los métodos AASHTO-93 Y PCA son métodos que se usan generalmente en Perú, pero se puede utilizar cualquier otro método siempre y cuando este sustentado en experiencias y teorías a largo plazo, siempre teniendo en cuenta la última versión vigente en su país de origen. Se considera lo expuesto: i) La capa de rodadura en ningún caso será de afirmado o base granular. ii) En el caso de pavimentos flexibles, se puede tomar en cuenta las siguientes consideraciones: tratamientos asfálticos superficiales, lechadas bituminosas (slurry seal), micro pavimentos, etc. [25].

Para los diferentes tipos de pavimentos, en la tabla 7 indica los requisitos mínimos que se deben cumplir:

**Tabla 7.** *Requisitos que deben cumplir estos pavimentos.*

Elemento		Tipo de Pavimento		
		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm <sup>2</sup> (3,4 MPa)	f <sub>c</sub> ≥ 380 Kg/cm <sup>2</sup> (38 MPa)

Notas: \* N.A.: No aplicable; \*\* N.R.: No Recomendable; \*\*\* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos

Para poder contar con una verificación válida de una mezcla asfáltica, no se considerará métodos en los que sus ensayos consisten en tomar resultados en relación al comportamiento de su mezcla del análisis de las deformaciones y resistencias con cargas diseñadas para tránsito de forma dinámica como es el caso de la metodología Superpave entre otros similares, sino se tendrá a mayor interés metodologías como el Método Marshall que toma las cargas para tráficos de tipo estático otorgando una mayor validez al ensayo de mezcla asfáltica[26]. Para elaborar una buena mezcla asfáltica se debe contar con algunos parámetros los cuales según el manual de carreteras nos indica que según el peso del suelo seco a estabilizar generalmente la emulsión asfáltica varía entre 4 y 6%. Sin embargo, una adecuada cantidad de cemento asfáltico se determinará por los resultados que se realicen en laboratorio sobre la muestra del tramo deseado.

El diseño de la mezcla debe ser basado en el proceso Illinois del Instituto del Asfalto teniendo como referencia la norma MTC E 504. Cada vez que se coloque nuevo material se deberá realizar este procedimiento.

El proceso consiste en:

- Análisis granulométrico del suelo.
- Contenido (%) de agua, respecto al peso del suelo seco.
- Tipo y cantidad óptima del asfalto (%).
- Cantidad óptima de residuo asfáltico (%).
- Porcentaje óptimo de humedad para compactación (%).
- Porcentaje de recubrimiento de la mezcla (%).
- Estabilidad Marshall (kg).

Para el diseño de mezcla se tendrá una dosificación basada en los siguientes criterios: i) Para la cantidad de agua se debe tener en cuenta una buena separación de la emulsión, los cuales serán proporcionado por el laboratorio con contenido de emulsión. ii) Para conseguir la cantidad óptima de cemento asfáltico, la mezcla debe conseguir un valor mínimo de 230 kg en su estabilidad Marshall, considerando la pérdida de estabilidad luego de saturado máximo 50% [27].

Los resultados tanto del flujo y la estabilidad Marshall junto a los vacíos de aire y densidad de la mezcla total, vacíos de aire o vacíos en el agregado mineral o ambos, mezclados con asfalto; son usados para la evaluación de mezclas asfálticas, así como para el diseño de mezclas en laboratorio. A su vez, el flujo y la estabilidad Marshall pueden ser usados para observar el desarrollo de elaboración de mezclas bituminosas en planta. A su vez pueden ser destinados como fuentes para estimar distintos cambios de acondicionamiento ya sea el agua y los efectos de mezclas. El flujo y estabilidad Marshall son cualidades de las mezclas bituminosa establecidas desde materiales compactados de una manera prescrita y de una geometría. La estabilidad Marshall permite otorgar los valores de la máxima resistencia a la deformación siempre que se encuentre sometida a una carga constante. La intensidad de su cantidad y la estabilidad Marshall tiende a variar según la dosificación se halla empleado, tanto el porcentaje del agregado y el porcentaje de asfalto empleado, así como su cantidad. Se establecen diferentes criterios en varias agencias para los valores de la estabilidad Marshall. El valor del flujo Marshall se obtiene mediante la deformación que existe en una mezcla asfáltica este valor se

obtiene en el ensayo de estabilidad. No se especifica un resultado ideal, pero hay parámetros aceptables. Si en el contenido óptimo del asfalto el flujo está bajo el límite inferior esta se considera demasiado rígida y si se excede el límite superior, la mezcla se considera inestable o demasiado plástica [28].

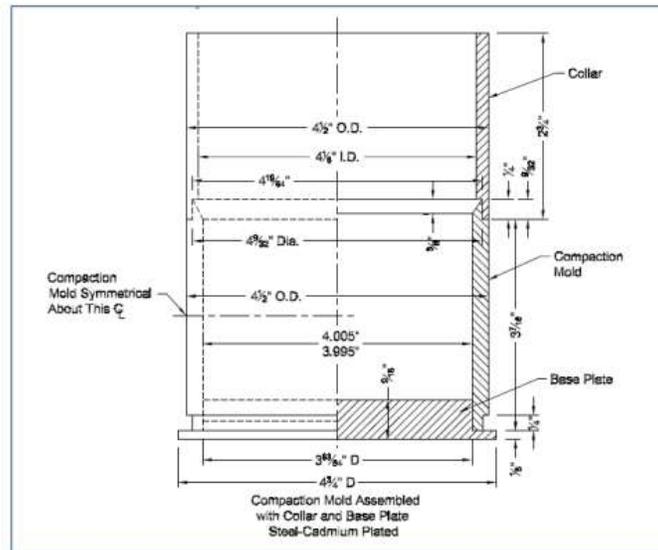


Figura 3. Molde de compactación

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales

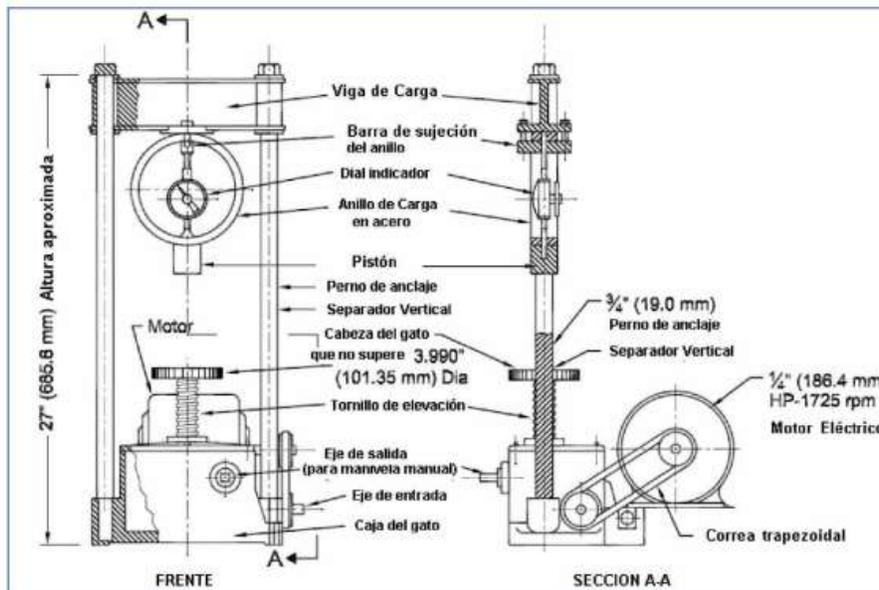


Figura 4. Máquina de Carga a compresión

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales

La densidad de mezclas asfálticas y la gravedad específica teórica máxima son propiedades esenciales, los cuales sus valores dependerá en el estado que esté compuesta la mezcla, en relación a la cantidad de áridos, del tipo y del cemento asfáltico. Los resultados obtenidos son utilizados para el cálculo de % de vacíos en una mezcla asfáltica para pavimento en caliente compactada, así mismo se usa para obtener la cantidad absorbida de asfalto por los huecos del agregado interno en una mezcla asfáltica caliente [29]. Mediante el presente cuadro se observa algunos criterios que se debe tomar para realizar un diseño preliminar de la mezcla asfáltica, si en el caso no se cumple se deberá rediseñar o cambiar algunos parámetros [30].

**Tabla 8.** Criterio de diseño de mezcla Marshall

Método Marshall	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		carpeta y base		carpeta y base	
Criterio de mezcla	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75	
Estabilidad, (N) (lb)	3336		5338		8006	
	750	----	1200	----	1800	----
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en los agregados minerales	<b>Ver Tabla 9</b>					
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

Fuente: Aspecto de diseño volumétrico de mezclas asfálticas

**Tabla 9.** *Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)*

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

Fuente: Aspecto de diseño volumétrico de mezclas asfálticas

Respecto al diseño de mezclas asfálticas bituminosas tanto en control in situ como en laboratorio se utilizan el flujo y estabilidad Marshall, así mismo la densidad de la mezcla de campo, VMA, VA y/o VFA. Es por ello que los criterios a usar con el método Marshall servirá de gran ayuda para tener un control del proceso que se producirá en planta de mezclas asfálticas (ASTM D6927). Este método se utiliza en moldes cilíndricos de 102 mm (4 plg) de diámetro y  $63,5 \pm 2,5$  mm ( $2,5 \pm 0,10$  plg) de espesor. Estas muestras son expuestas a un baño de agua a  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  de temperatura. Sometida a una carga de velocidad constante de  $5,08 \pm 0,38$  cm/min ( $2,00 \pm 0,15$  in/min) a través de un gato hidráulico hasta alcanzar el punto de falla o la disminución de la carga. Generalmente, se le considera como carga máxima alcanzada a la estabilidad, así mismo al desplazamiento vertical a la carga máxima se le conoce como flujo. Se denomina como un método apropiado el diseño Marshall, aunque tiene sus limitaciones sin embargo aporta la información suficiente garantizando una producción de alta calidad [31].

Con respecto a la gravedad específica bulks se refiere a la relación existente entre la masa es decir el peso del volumen en el aire de un material dado en cierta temperatura normalmente a  $25^\circ\text{C}$  para el diseño de mezcla asfáltica. Así mismo la

densidad bulk se define como la masa del material en unidades de metro cúbico en 25°C de temperatura para mezclas asfálticas [32]. Según el manual de ensayos de materiales EM-2016 nos indica que para determinar la densidad de una briqueta de calibración a una temperatura de 25 °C ± 1 °C, ya habiendo hallado la masa en aire y sumergida en agua, su gravedad especifica se hallará mediante la siguiente formula [33]:

$$G_{Al} = \frac{A_{al}}{A_{ss} + B_{al}}$$

Donde:

$A_{al}$  = Masa sumergida de la probeta en agua, gr.

$B_{al}$  = Masa de la probeta seca en el aire, gr.

Los porcentajes de vacíos o vacíos de aire en una mezcla compactada están compuestos por el aire atrapado. Mientras menos sea el porcentaje de vacíos de aire tendremos una mezcla menos permeable. Para un diseño de mezcla convencional en laboratorio se permite entre 3 a 5%, sin embargo, se permite como máximo 8% de vacíos en campo, ya que se permitirá que se compacte la carpeta bajo tránsito [34].

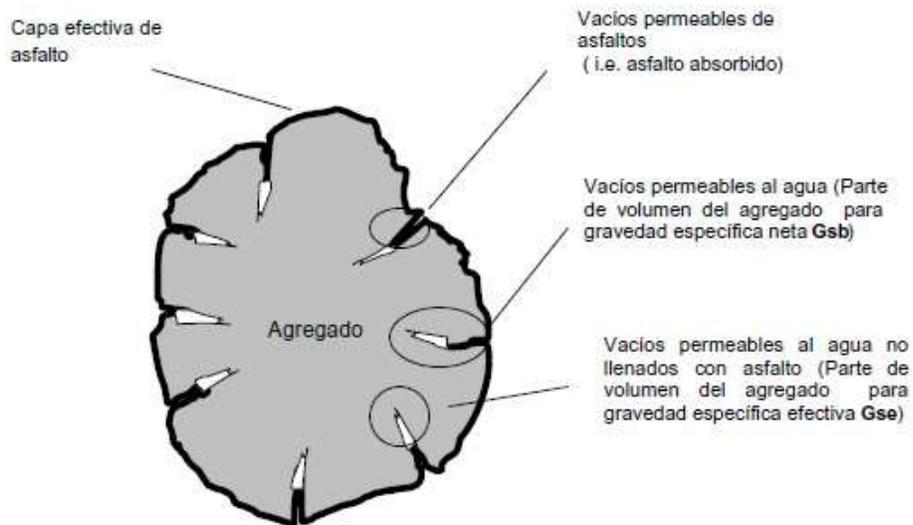


Figura 5. Vacíos en una mezcla asfáltica

Fuente: Monografías Plus

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, cuando tiene como finalidad hacer uso de los conocimientos teóricos y adoptarlos a favor del lugar que se está estudiando y en general a la sociedad [35]. Se justifica una investigación aplicada debido a que se encuentra estrechamente relacionada a la investigación básica, reconociendo los descubrimientos y contribuciones teóricas llegando a dar solución de los problemas descubiertos [36]. Teniendo en cuenta esta breve definición descrita, la investigación realizada es de tipo aplicada, ya que la implementación de grano de caucho reciclado busca solucionar y mejorar el diseño del pavimento convencional que se usa actualmente.

##### **Enfoque de investigación**

Cuando se pretende estimar ocurrencias o magnitudes de los fenómenos y demostrar hipótesis es apropiado elegir una ruta cuantitativa. Por ejemplo, si queremos determinar lo predominante de una enfermedad (zona geográfica y cantidad de individuos que la padecen en un lapsus de tiempo) y sus causas; otro ejemplo puede ser la predicción para presidente de un país, predecir quién triunfará de los candidatos en la próxima elección; contar con dos métodos de enseñanza y poder comprobar cuál de dos métodos aumenta a mayor escala el aprendizaje de algo (por ejemplo, robótica elemental) en cierta población, etcétera [37]. Por lo expuesto se puede determinar que la presente investigación tendrá un enfoque cuantitativo ya que se obtendrá datos números en el laboratorio, de esta manera nos indicará la mejora de las propiedades mecánicas que el caucho reciclado le estará brindando.

### **Diseño de investigación:**

Existen algunas diferencias entre el diseño experimental y cuasi experimental, los diseños experimentales prueban y manipulan influencias, estímulos, tratamientos o intervenciones (conocidas como variables independientes) para analizar sus reacciones en función a otras variables (las dependientes) en una ocasión controlada. Esto quiere decir que, los diseños experimentales son usados por el investigador cuando busca relacionar una reacción ante una causal que es manipulada. Sin embargo, los diseños cuasi experimentales si bien también controlan deliberadamente, pero no mantiene el control de todo, al menos, de una variable independiente para analizar su reacción sobre una o más variables dependientes, solo que discrepan los experimentos puros en el grado de seguridad que pueda presentar sobre la equivalencia inicial de los grupos [38]. Por ello se determina que la investigación es de tipo aplicada y con un diseño cuasi experimental, ya que se realizaran ensayos manipulando la cantidad de caucho reciclado, mas no se tendrá un control directo de su calidad, que se implementará a la mezcla asfáltica convencional.

### **El nivel de la investigación:**

El estudio explicativo no solo se enfoca en describir conceptos, variables o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre estas; sino que también están enfocados a dar respuesta por las reacciones de situaciones manifestadas por cualquier índole (sociales, naturales, de salud, psicológicos, etc.). Como lo indica su nombre, su atención se enfoca en qué condiciones se manifiesta un fenómeno y por qué ocurre, o por qué se encadenan dos o más variables [39]. La presente investigación será un estudio explicativo ya que se busca dar respuestas a la influencia y mejoramiento que se obtendrá al incorporar caucho reciclado a la mezcla asfáltica para pavimento flexible.

### 3.2. Variables y operacionalización:

**Variable.** Característica o propiedad de un fenómeno u objeto que muestra variaciones en posteriores mediciones temporales. De otra manera, se trata de un aspecto discernible en un objeto de estudio o una característica observable que puede acoger distintos valores o expresarse en diversas categorías. En conclusión, bajo lo expuesto, todos los fenómenos, todas las cosas y todas las características y propiedades que pueden variar a cuantitativa o cualitativamente se designan variables [40]

- **Variable independiente:** Grano de caucho reciclado
- **Variable dependiente:** Mezcla Asfáltica

**Operacionalización.** Está conformada por diversas indicaciones o procedimientos para conseguir conceptualmente la medida de una variable definida. Se procura conseguir la gran parte de información posible de la variable escogida, con el fin de conseguir la adecuación de contexto y captar su sentido. Por ese motivo se deberá realizar una revisión literaria muy cuidadosamente disponible en el marco teórico. La operacionalización de las variables presenta una ligera vinculación con la metodología o el tipo de técnica destinadas para recolectar los datos. Las cuales deben tener relación con los objetivos de la investigación, así mismo que replican al enfoque empleado, al tipo de investigación que se lleva a cabo, en conclusión, pueden ser cuantitativas o cualitativas [41].

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población.** Dentro del estudio, la población está compuesta por un grupo de casos, accesible, definido y limitado, que establecerá el referente para poder elegir la muestra, y debe cumplir con diversos parámetros predispuesto. Cuando se habla de población de estudio, es importante explicar que este no solo hace referencia específicamente a personas, sino que también puede abarcar a hospitales, muestras biológicas, animales, expedientes, familias, objetos, organizaciones, etc. [42]. En el presente proyecto se va a considerar como población dos

procedimientos, las cuales son, mezcla asfáltica en caliente convencional y la mezcla asfáltica en caliente incorporando los granos de caucho reciclados.

**Muestra.** Es parte de la población o universo el cual se efectuará a través de una investigación. Existe procedimientos para conseguir la cantidad de las propiedades de la muestra como lógica, fórmulas y otros que se verá más adelante. La muestra es una parte figurativa de la población [43]. Como muestra se está considerando en la presente investigación 24 briquetas, las cuales las 12 primeras briquetas se utilizarán para hallar la cantidad optima de cemento asfáltico, de las 12 briquetas siguientes, las primeras 4 muestras se utilizarán como patrón y las 9 últimas briquetas serán las muestras incorporando las diferentes dosificaciones de caucho, se le implementará 0.5%,1% y 1.5% de GCR en reemplazo del peso de los agregados finos.

**Muestreo.** Es el método empleado para escoger a los componentes de la muestra del total de la población [44]. En la presente investigación se utilizará el muestreo no probabilístico, eso quiere decir que será de tipo intencional. Ya que tendremos control de lo que se empleará como muestra.

Para la selección de nuestras muestras tendremos como referencia las normas: MTC E-504, ASTM D-6927, AASTHO T-245, utilizando de esta manera el método Marshall para determinar la resistencia de la mezcla bituminosa.

**Unidad de Análisis.** La unidad de análisis señala que variables deberán ser medidas, es decir, los integrantes o casos a quienes en última instancia vamos a emplear el instrumento de medición [45]. Se considerará como unidad de análisis cada briqueta que se someterán a ensayos en laboratorio.

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

#### **Técnicas de investigación.**

Las técnicas y métodos de investigación acceden a descubrir desarrollos y conseguir nuevos conocimientos sobre ellos. La técnica cambia según el tema que se investiga, y suele variar con los avances de la tecnología [46]. En la presente investigación se usarán técnicas, como la de observación directa y ensayos de laboratorios (mediciones).

### **Instrumentos de Recolección de datos.**

Con respecto a la recopilación de las fuentes primarias se consiguen a través de una investigación de forma directa al objeto de estudio, por medio de métodos dispuestos. Para allegar datos primarios, lo ejemplar es acudir a un plan que requiere tomar diversas decisiones: el plan de muestreo, los métodos e instrumentos de investigación, y las técnicas para establecer contacto relación con el público [47]. Como instrumentos usaremos nuestra ficha de recolección de datos y los resultados obtenidos en el laboratorio que serán procesados al software Excel.

### **Validez.**

Cuando nos referimos de la calidad de un estudio generalmente nos enfocarnos en su veracidad, congruencia, rigor científico, credibilidad, plausibilidad, confiabilidad, adecuación metodológica, fiabilidad, entre otros. Sin embargo, talvez, la expresión más conocida sea el de «validez». Cuando no se considera validad una investigación quiere decir que no es verídica. Por ello, cuando una investigación presenta validez, significa que la investigación no es buena, no ofrece confiabilidad. Al no ofrecer resultados válidos los estudios, entonces las decisiones curriculares, políticas, educativas, entre otras, estos mismos no se podrá contar como referencia. La validez ha significado siempre una inquietud en la investigación educativa; las preguntas sobre la validez han surgido a lo largo del tiempo en el contexto de la investigación experimental y es por ello que desde ahí surgieron las primeras respuestas [48]. Se contará con el asesoramiento de un profesional especializado en la materia, teniendo siempre presente las normas de ensayo de Materiales-MTC las cuales nos regiremos para realizar los ensayos, junto a la calibración de cada equipo a usar.

## **Confiabilidad de los instrumentos.**

Un instrumento de medición puede ser verídico, pero eso no quiere decir que siempre sea válido (un aparato, por ejemplo, presenta quizás consistencia en los resultados que elabora, pero quizás no medir lo que pretende) y viceversa. Es por ello que, es un requisito importante que cada vez que se utilice tu instrumento de recolección de los datos se pueda demostrar que resultó válido y confiable. En caso contrario, los resultados obtenidos en la investigación no pueden tomarse en cuenta [49]. Se usarán equipos de laboratorio los cuales nos brindaran datos obtenidos de nuestra investigación, para ello cada equipo a usar contará con un certificado de calibración.

### **3.5. Procedimientos:**

Para la elaboración de los ensayos en laboratorio, lo primero que se realizó fue la obtención de los materiales, el agregado se consiguió en la ferretería Construye YA G&J ubicada en la Urb. San Joaquín adquirió 4 sacos de agregados gruesos (piedra  $\frac{1}{2}$ ) y 4 sacos de agregados finos (arena). El cemento asfáltico sería facilitado por el técnico de laboratorio. El grano de caucho se consiguió 5 kilos en un gras Sintético ubicado en el distrito de Parcona de esta manera se procedería a empezar con los ensayos.

Una vez obtenido los materiales fueron trasladados al laboratorio IIDES para realizar los siguientes ensayos según sus respectivas normas:

- Diseño MAC (Método Marshall) según norma MTC E504-ASTM D1559
- Elaboración de briquetas Marshall según norma MTC E504-ASTM D6926
- Estabilidad y Flujo Marshall según norma MTC E504-ASTM D6927
- Peso unitario de mezcla asfáltica compactada según norma MTC E514-ASTM D2726
- Lavado asfáltico según norma MTC E502,503 – ASTM D2172, D546
- Espesor o altura de especímenes compactados según norma MTC E507 – ASTN D3549.

Para poder empezar con los ensayos lo primero que se realizó en el laboratorio fue la granulometría y gravedad específica de los agregados finos y gruesos (arena y piedra de ½).

Se realizó en total 24 briquetas, las primeras 12 briquetas fueron elaboradas con la finalidad de obtener la cantidad optima de cemento asfaltico que se deberá usar, usando el 5%,5.5%,6%,6.5% 3 briquetas respectivamente para cada porcentaje. La dosificación utilizada se realizó de la siguiente manera, se disminuirá el porcentaje mencionado del C.A. respectivamente, en este caso tomaremos como ejemplo el 5% del peso de la briketa que es 1200 gr.

$$5\% \times 1200gr = 60gr$$

$$1200 - 60 = 1140gr$$

El valor obtenido que es 1140 se dividirá entre los agregados, dándole un porcentaje estimado a cada uno, 59% de agregado fino y 41% de agregado grueso ingresando porcentajes estimados en la curva granulométrica, convirtiéndolo en peso de la siguiente manera:

$$\text{Agregado Fino} \dots\dots\dots 59\% \times 1140gr = 672.6gr$$

$$\text{Agregado Grueso} \dots\dots\dots 41\% \times 1140gr = 467.4gr$$

De esta manera se trabajó la dosificación para la elaboración de las briquetas.

Lo siguiente a realizar, fue la mezcla asfáltica convencional con sus diferentes porcentajes de C.A. para elaborar las primeras 12 briquetas mediante un recipiente de manera manual se mezcla los áridos de forma homogénea hasta conseguir que se encuentre complemente cubierto por el cemento asfaltico.



Figura 6. Preparación de agregados



Figura 7. Cemento Asfáltico a 170 °C



Figura 8. Elaboración de briquetas

Procediendo a la rotura de las briquetas para obtener los resultados de flujo y estabilidad.



Figura 9. Rotura de briquetas

Obteniendo los resultados de la cantidad óptima de cemento asfáltico que fue el valor de 5.6% que se usará para el diseño de mezcla asfáltica modificada.

Se procede a la incorporación de caucho, realizando la separación por tamaño del grano de caucho ya que se usará el caucho retenido en la malla 10 (2 mm).



*Figura 10.* Separando el porcentaje granulométrico del caucho.



*Figura 11.* Incorporación del grano de caucho al agregado

Las 12 briquetas restantes serán elaboradas con la mezcla asfáltica modificada por el caucho, las 3 primeras briquetas serán las muestras patrones y las siguientes tuvieron una dosificación de 0.5%,1%,1.5% de caucho. La dosificación con la que se elaboraron las briquetas se empleó de la siguiente se disminuirá el porcentaje C.A. a utilizar, que como ya se conoce es de 5.6% al peso de la briqueta que es 1200 gr.

$$5.6\% \times 1200gr = 67.2gr$$

$$1200 - 67.2 = 1132.8gr$$

El valor obtenido que es 1132.8 gr se dividirá entre los agregados, dándole un porcentaje estimado a cada uno, 59% de agregado fino y caucho granulado, 41% de agregado grueso, convirtiéndolo en peso de la siguiente manera:

$$\text{Agregado Fino y GCR} \dots (58.5\% A.F. + 0.5\% GCR) \times 1132.8gr = 668.352gr$$

$$\text{Agregado Grueso} \dots 41\% \times 1132.8gr = 464.448gr$$

De esta manera se trabajó la dosificación para la elaboración de las muestras modificadas con caucho.

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

En el laboratorio se realizará el ensayo Marshall según la norma MTC E504-2000 para obtener los valores de las propiedades mecánicas (porcentaje de vacíos, fluencia, densidad estabilidad). Para ello, se elaborarán 24 briquetas, las primeras 12 briquetas fueron elaboradas para obtener el porcentaje óptimo de C.A. con las siguientes dosificaciones 5% ,5.5%,6% y 6.5%, elaborando 3 briquetas por cada porcentaje .Una vez obtenido el porcentaje óptimo a usar según los ensayos elaborados se procede a realizar las 12 briquetas restantes ,las 3 primeras serán un patrón y las 9 siguientes se le incorporará los granos de caucho en porcentajes de 0.5%,1% y 1.5% en reemplazo al agregado fino ,el tamaño sé que usará es de 2mm usando el tamiz de malla 10 .De esta manera se tendría una mayor aproximación al porcentaje más idóneo para otorgar una mejora a la mezcla asfáltica. Los datos se presentarán en fichas especificando cada característica y los valores que se irán modificando. Para el procesamiento de los datos obtenidos en el laboratorio será efectuado por medio de tablas y gráficas elaboradas en el software Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

Tomando como base el formato y la estructura de elaboración de tesis brindado por la UCV me comprometo a seguir cada indicación que se nos especifica. Para la elaboración de la presente investigación se ha tenido como base normas técnicas como la CE.010 de pavimento urbanos, el manual de carretera EG-2013, el manual de ensayo de materiales. También se obtuvieron datos de libros, revistas y otros trabajos de tesis cumpliendo con el citado de los autores según las normas ISO 690.Se respetó los resultados obtenidos basados en los criterios de las normas técnicas establecidas cumpliendo con la veracidad del proyecto.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación política

La presente investigación se realizó en la ciudad de Ica, distrito de Ica, provincia de Ica y departamento de Ica.



*Figura 12.* Mapa político del Perú.



*Figura 13.* Mapa político del Departamento de Ica.

## Ubicación del proyecto



Figura 14. Mapa político del Departamento de Ica.

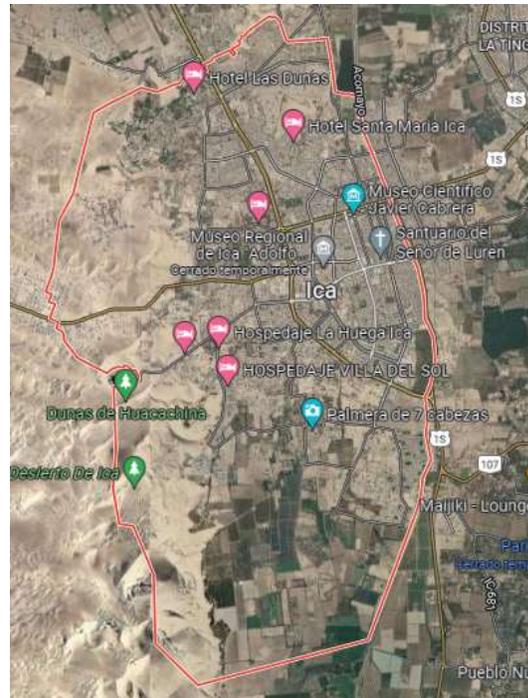


Figura 15. Mapa del Distrito de Ica.

### Limites

- Norte : Con el Distrito de Subtanjalla y San Juan Bautista.
- Sur : Con los Distritos de Los Aquijes y Pueblo Nuevo.
- Este : Con los Distritos de Parcona y Tinguiña.
- Oeste : Con las Dunas del Oasis de Huacachina.

### Ubicación geográfica

El distrito de Ica cuya ubicación georreferenciadas son: Latitud Sur - 14.10055567718787, y Oeste -75.74939657532933, cuanta con un área de 7894 km<sup>2</sup> aproximadamente con una altitud entre los 406 m.s.n.m.

La ciudad de Ica está conformada por cinco distritos urbanos. En base a el Instituto Nacional de Estadística e Informática, se le considera una de las ciudades más poblada del Perú, siendo la decimoprimer, alojando en el año 2021 a una población de 453 947 habitantes.

### Clima

El distrito de Ica cuenta con un clima cálido y seco, con una temperatura aproximada de 27°C en verano y de 18° C en invierno. La temperatura en verano generalmente se encuentra por encima de los 30 °C y la mínima no disminuye a menos de 8 °C. Dentro de las características que tiene su clima se conoce a los fuertes vientos como "paracas", que provoca el levantamiento de grandes tormentas de arena. Los principales ríos del departamento son Río Grande, Ica, Pisco y San Juan.

**Objetivo específico 1:** Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible



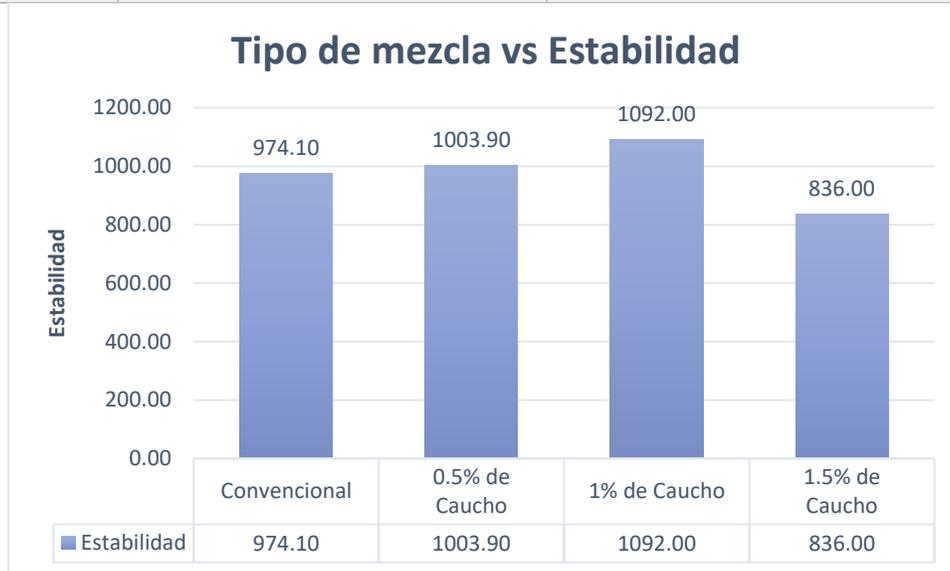
*Figura 16.* Briquetas elaboradas en laboratorio.



*Figura 17.* Rotura de briquetas para obtener la estabilidad y flujo.

**Tabla 10.** Tabla con los valores de estabilidad incorporando caucho

Porcentajes		Estabilidad(Kg)
%CA	%Caucho	Estabilidad
5.6	0	974.10
5.6	0.5	1003.90
5.6	1	1092.00
5.6	1.5	836.00



**Figura 18.** Valores de estabilidad incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho.

Según la tabla 10 y la figura 18, teniendo como muestra patrón el valor de estabilidad en 974 kg que se indica en la barra convencional, se puede apreciar que la estabilidad con 1.5% de caucho disminuye en relación con la mezcla convencional al valor de 836 kg, a diferencia de los porcentajes de 0.5% de caucho que indica un valor de 1003.90 kg en su estabilidad y con 1% de caucho brinda el valor de 1092 kg en su estabilidad ,aumentando en 29.8 kg y 117.9 kg respectivamente, por lo tanto la mezcla asfáltica modificada en un rango de 0.5% y 1% de caucho proporciona una rigidez mayor a diferencia de la mezcla convencional, otorgando una mayor resistencia a deformaciones que son sometidas los pavimentos.

**Objetivo específico 2:** Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible.



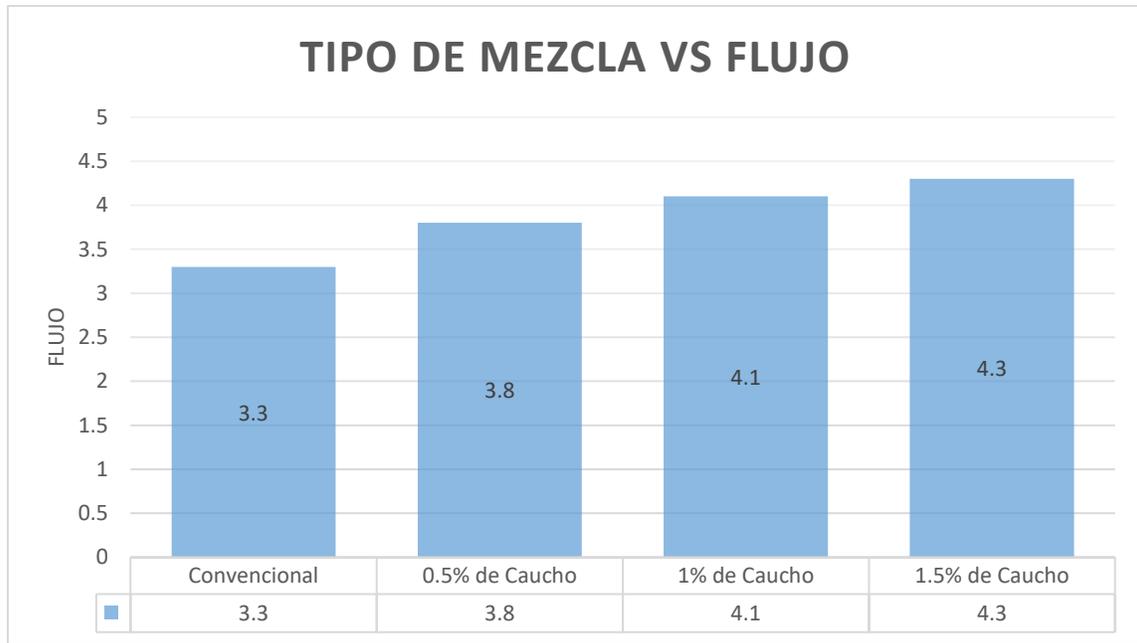
*Figura 19.* Briqueta en el aparato Marshall



*Figura 20.* Briqueta con asfalto modificado.

**Tabla 11.** *Tabla con los valores de flujo incorporando caucho*

Porcentajes		Flujo (mm)
%CA	%Caucho	
5.6	0	3.3
5.6	0.5	3.8
5.6	1	4.1
5.6	1.5	4.3



*Figura 21.* Valores de flujo incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho.

Según la tabla 11 y figura 21, podemos apreciar que los valores de flujo han aumentado comenzando con los valores de la mezcla convencional que nos indica 3.3 mm de flujo, mientras que con la adición de 0.5% nos da un valor de 3.8mm de flujo, con 1% de caucho nos da el valor de 4.1 mm de flujo y con 1.5% de caucho nos brinda el valor de 4.3 mm de flujo. Esto quiere decir que conforme mayor sea la cantidad de caucho mayor será el valor del flujo en nuestra mezcla asfáltica. Teniendo en consideración que es una mezcla destinada para pavimento flexible es esencial contar con un buen flujo.

**Objetivo específico 3:** Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la densidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible.

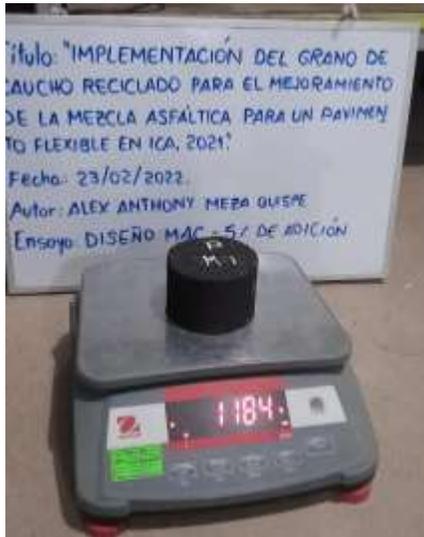


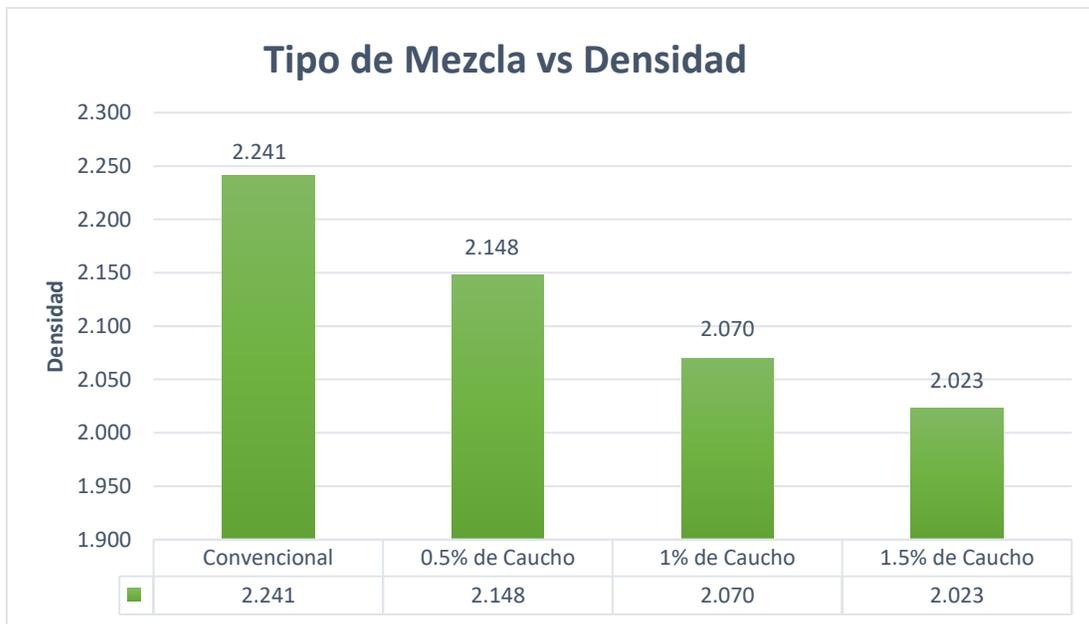
Figura 22. Peso seco de la briqueta.



Figura 23. Peso sumergido en agua de la briqueta.

**Tabla 12.** Tabla de los valores de densidad con la incorporación de caucho

Porcentajes		Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
%CA	%Caucho	
5.6	0	2.241
5.6	0.5	2.148
5.6	1	2.070
5.6	1.5	2.023



*Figura 24.* Valores de densidad incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho.

Según la tabla 12 y figura 24, en los valores de densidad se puede apreciar que han disminuido, comenzando con los valores de la mezcla convencional que nos indica 2.241 g/cm<sup>3</sup> de densidad, mientras que con la adición de 0.5% nos da un valor de 2.148 g/cm<sup>3</sup> de densidad, con 1% de caucho nos da el valor de 2.070 g/cm<sup>3</sup> mm de flujo y con 1.5% de caucho nos brinda el valor de 2.023 g/cm<sup>3</sup>. Esto quiere decir que conforme mayor sea la cantidad de caucho, los valores de la densidad irán disminuyendo mayor será el valor del flujo en nuestra mezcla asfáltica. Algunas proporciones de caucho van disminuyendo en comparación de la mezcla asfáltica convencional. Esto se debe a que el material de caucho que es incorporado a la mezcla, afecta al peso de la briqueta disminuyendo singularmente.

**Objetivo específico 4:** Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible.



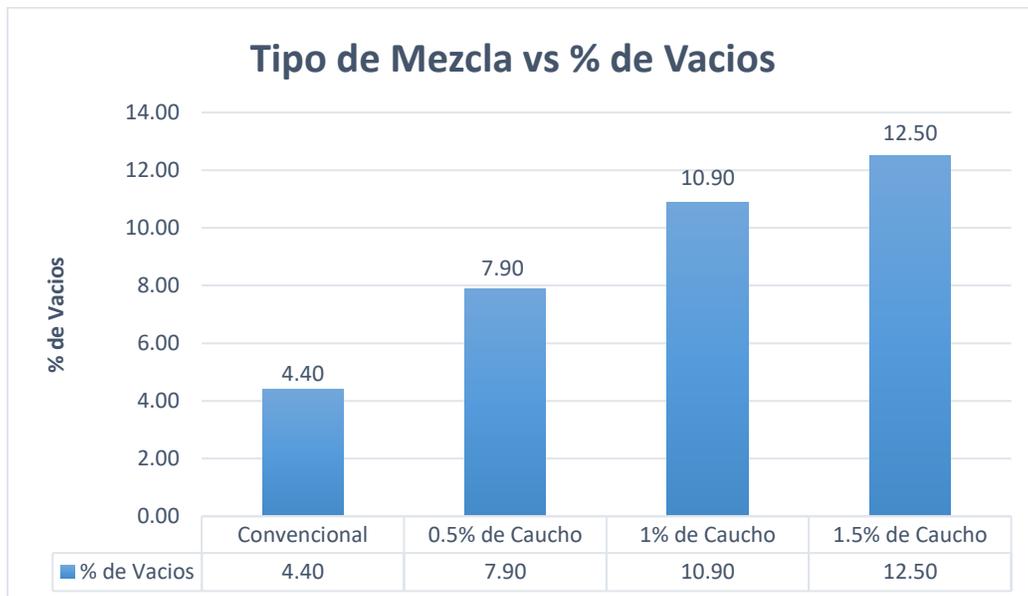
Figura 25. Mezcla del C.A. con los agregados en caliente.



Figura 26. 75 impactos para cada cara del molde según norma

Tabla 13. Tabla de los valores de densidad con la incorporación de caucho

Porcentajes		% de Vacios
%CA	%Caucho	
5.6	0	4.40
5.6	0.5	7.90
5.6	1	10.90
5.6	1.5	12.50



*Figura 27.* Valores de % de vacíos incorporando el 0% ,0.5%,1% y 1.5% de caucho.

Según la tabla 13 y figura 27, nos indica que los porcentajes de vacíos aumenta conforme exista mayor porcentaje de caucho. Dándonos los siguientes valores, en la mezcla convencional nos dio el valor de 4.40% de vacíos, incorporando el 0.5% de caucho su valor fue de 7.90%, con el 1% de caucho su valor fue de 10.90 % y con 1.5% de caucho nos dio el valor de 12.5% de % de vacíos. Ya que el material presenta características de absorción ante los agregados y el CA.

### Contrastación de hipótesis

#### PRUEBA DE NORMALIDAD-H1

##### 1. Planteamiento de normalidad

##### Grano de caucho reciclado, mezcla asfáltica

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x (Estabilidad) Tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x (Estabilidad) No tienen normalidad

##### 2. Nivel de significancia

$\alpha=5\%$  (0.05)

##### 3. Elecciones de la prueba estadística

n>50...K-s

n≤50...S-w

**Tabla 14.** *Tabla de pruebas de normalidad de GCR y estabilidad*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GCR	,166	12	,200*	,876	12	,078
Estabilidad	,168	12	,200*	,943	12	,542

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Muestra=12 < 50, elección de la prueba estadística es Shapiro-Wilk

#### **4. Regla de decisión**

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$

Se rechaza la hipótesis nula

$p\text{-valor} > 0.05$

$0.542 > 0.05$

Entonces se acepta la hipótesis nula.

#### **5. Conclusión**

Los datos de la variable estabilidad tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.

CORRELACIÓN DE PEARSON (SI TIENE NORMALIDAD)

### **GRADO DE ASOCIACIÓN POR COEFICIENTE DE CORRELACION “r” DE PEARSON**

#### **1. Planteamiento del problema**

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado no está relacionado al mejoramiento de la estabilidad)

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado está relacionado al mejoramiento de la estabilidad)

#### **2. Nivel de significancia:**

$\alpha = 5\%$  (0.05)

#### **3. Elección de la prueba estadística:**

Coefficiente de correlación “r” de Pearson

**Tabla 15.** *Tabla de correlaciones de GCR y estabilidad*

		<b>Correlaciones</b>	
		GCR	Estabilidad
GCR	Correlación de Pearson	1	-,318
	Sig. (bilateral)		,314
	N	12	12
Estabilidad	Correlación de Pearson	-,318	1
	Sig. (bilateral)	,314	
	N	12	12

p-valor= 0.314

**4. Regla de decisión:**

Si p-valor $\leq$ 0.05... Se rechaza la hipótesis alterna

0.314 $>$ 0.05

Entonces se acepta la hipótesis nula

**5. Conclusión:**

Existe evidencia estadística significativa para decir que la variable de la estabilidad no está relacionada de manera directa y positiva con la incorporación de grano de caucho ( $r=-0.318$ ), ya que si bien aumenta su estabilidad en un determinado momento que se le adiciona el caucho, luego comienza a reducirse, es decir que se debe tener en cuenta un porcentaje óptimo en el que se pueda aprovechar las propiedades del caucho que le otorga a la mezcla asfáltica.

**PRUEBA DE NORMALIDAD-H2**

**1. Planteamiento de normalidad**

**Grano de caucho reciclado, mezcla asfáltica**

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x (Flujo) Tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x (Flujo) No tienen normalidad

## 2. Nivel de significancia

$\alpha=5\%$  (0.05)

## 3. Elecciones de la prueba estadística

$n>50$ ...K-s

$n\leq 50$ ...S-w

**Tabla 16.** *Tabla de pruebas de normalidad de GCR y flujo*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GCR	,166	12	,200*	,876	12	,078
Flujo	,164	12	,200*	,944	12	,556

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Muestra=12 < 50, elección de la prueba estadística es Shapiro-Wilk

## 4. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor}\leq 0.05$

Se rechaza la hipótesis nula

$p\text{-valor}\geq 0.05$

$0.556 > 0.05$

Entonces se acepta la hipótesis nula.

## 5. Conclusión

Los datos de la variable estabilidad tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.

CORRELACIÓN DE PEARSON (SI TIENE NORMALIDAD)

## GRADO DE ASOCIACIÓN POR COEFICIENTE DE CORRELACION “r” DE PEARSON

### 1. Planteamiento del problema

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado no está relacionado al mejoramiento del flujo)

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado está relacionado al mejoramiento del flujo)

**2. Nivel de significancia:**

$\alpha=5\%$  (0.05)

**3. Elección de la prueba estadística:**

Coefficiente de correlación “r” de Pearson

**Tabla 17.** *Tabla de pruebas de normalidad de GCR y Flujo*

<b>Correlaciones</b>		GCR	Flujo
GCR	Correlación de Pearson	1	,801**
	Sig. (bilateral)		,002
	N	12	12
Flujo	Correlación de Pearson	,801**	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

p-valor= 0.002

**4. Regla de decisión:**

Si p-valor $\leq$ 0.05... Se rechaza la hipótesis nula

0.002 $<$ 0.05

Entonces se acepta la hipótesis alterna

**5. Conclusión:**

Existe evidencia estadística significativa para decir que la variable del flujo está relacionada de manera directa y positiva con la incorporación de grano de

caucho ( $r=-0.801$ ), ya que, al existir un aumento de porcentaje de caucho, aumenta su flujo de la mezcla asfáltica.

## PRUEBA DE NORMALIDAD-H3

### 1. Planteamiento de normalidad

#### Grano de caucho reciclado, mezcla asfáltica

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable  $x$  (Densidad) Tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable  $x$  (Densidad) No tienen normalidad

### 2. Nivel de significancia

$\alpha=5\%$  (0.05)

### 3. Elecciones de la prueba estadística

$n>50$ ...K-s

$n\leq 50$ ...S-w

**Tabla 18.** *Tabla de pruebas de normalidad de GCR y densidad*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GCR	,311	12	,002	,771	12	,004
Densidad	,186	12	,200 <sup>*</sup>	,931	12	,388

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Muestra=12 < 50, elección de la prueba estadística es Shapiro-Wilk

### 4. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor}\leq 0.05$

Se rechaza la hipótesis nula

$p\text{-valor}\geq 0.05$

0.388 > 0.05

Entonces se acepta la hipótesis nula.

## 5. Conclusión

Los datos de la variable estabilidad tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.

CORRELACIÓN DE PEARSON (SI TIENE NORMALIDAD)

## GRADO DE ASOCIACIÓN POR COEFICIENTE DE CORRELACION “r” DE PEARSON

### 1. Planteamiento del problema

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado no está relacionado al mejoramiento de la densidad)

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado está relacionado al mejoramiento de la densidad)

### 2. Nivel de significancia:

$\alpha = 5\%$  (0.05)

### 3. Elección de la prueba estadística:

Coefficiente de correlación “r” de Pearson

**Tabla 19.** *Tabla de correlaciones de GCR y densidad*

		Correlaciones	
		GCR	Densidad
GCR	Correlación de Pearson	1	-,898**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12
Densidad	Correlación de Pearson	-,898**	1
	Sig. (bilateral)	,000	

N	12	12
---	----	----

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

p-valor= 0.000074

#### 4. Regla de decisión:

Si p-valor $\leq$ 0.05... Se rechaza la hipótesis nula

0.000074 $<$ 0.05

Entonces se acepta la hipótesis alterna

#### 5. Conclusión:

Existe evidencia estadística significativa para decir que la variable del flujo está relacionada de manera directa y positiva con la incorporación de grano de caucho ( $r=-0.898$ ).

### PRUEBA DE NORMALIDAD-H4

#### 1. Planteamiento de normalidad

##### Grano de caucho reciclado, mezcla asfáltica

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x (% de vacíos) Tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x (% de vacíos) No tienen normalidad

#### 2. Nivel de significancia

$\alpha=5\%$  (0.05)

#### 3. Elecciones de la prueba estadística

$n>50$ ...K-s

$n\leq 50$ ...S-w

**Tabla 20.** *Tabla de pruebas de normalidad de GCR y porcentaje de vacíos*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GCR	,311	12	,002	,771	12	,004
Porcentaje_Vacios	,192	12	,200 <sup>*</sup>	,934	12	,423

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Muestra=12 < 50, elección de la prueba estadística es Shapiro-Wilk

#### 4. Regla de decisión

Si p-valor ≤ 0.05

Se rechaza la hipótesis nula

p-valor ≥ 0.05

0.423 > 0.05

Entonces se acepta la hipótesis nula.

#### 5. Conclusión

Los datos de la variable estabilidad tiene normalidad con un nivel de significancia de 5%.

CORRELACIÓN DE PEARSON (SI TIENE NORMALIDAD)

### GRADO DE ASOCIACIÓN POR COEFICIENTE DE CORRELACION “r” DE PEARSON

#### 1. Planteamiento del problema

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado no está relacionado al mejoramiento del % de vacíos)

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento del grano de caucho reciclado está relacionado al mejoramiento del % de vacíos)

**2. Nivel de significancia:**

$\alpha=5\%$  (0.05)

**3. Elección de la prueba estadística:**

Coefficiente de correlación “r” de Pearson

**Tabla 21.** *Tabla de correlaciones de GCR y Porcentaje de vacíos*

		<b>Correlaciones</b>	
		GCR	Porcentaje_Va cios
GCR	Correlación de Pearson	1	,889**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12
Porcentaje_Vacios	Correlación de Pearson	,889**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

p-valor= 0.000112

**4. Regla de decisión:**

Si p-valor $\leq$ 0.05... Se rechaza la hipótesis nula

0.000112 $<$ 0.05

Entonces se acepta la hipótesis alterna

**5. Conclusión:**

Existe evidencia estadística significativa para decir que la variable del flujo está relacionada de manera directa y positiva con la incorporación de grano de caucho ( $r=-0.898$ ), ya que al aumentar el porcentaje del caucho aumenta en

relación el porcentaje de vacíos, de esta manera se puede determinar un porcentaje óptimo de caucho a usar, para el mejoramiento de las mezclas asfálticas convencionales.

## V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Respecto a la estabilidad obtenida mediante los ensayos realizados en laboratorio, se obtuvo los siguientes resultados comenzando con 974.1 kg que es la estabilidad obtenida de las muestras patrón usando 5.6 % de C.A. , se puede observar que al incorporar el caucho en diferentes porcentajes tales como:0.5%,1% y 1.5% los siguientes valores 1003.9 kg,1092.0 kg y 836 kg respectivamente descendiendo sus valores en el 1.5% de caucho a 836 kg .Se concuerda con la investigación de Chamba y Benavides (2019) ya que ellos al usar las dosificaciones de 0.5%,1% y 1.5% su estabilidad aumento pero fue descendiendo conforme se aumentaba el caucho tanto en 2%,2.5%. A lo que se puede determinar que se puede aumentar el porcentaje de caucho para obtener mejores resultados de estabilidad, pero hasta una cantidad óptima de caucho ya que si se excede de ese valor los resultados de la estabilidad irían disminuyendo. Cabe mencionar que todos los valores de estabilidad obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro de los parámetros de la norma EG-2013 ya que nos indica que la estabilidad Marshall mínima debe ser de 230 kg considerando una perdida luego del saturado del 50%.

Discusión 2: En relación al flujo que se obtuvo a través del ensayo Marshall, se puede determinar que con los porcentajes incorporados de 0.5%,1% y 1.5% el flujo va en crecimiento, ya que al compararlo con los valores que nos dio las muestras patrón de 3.3 mm, existe una diferencia con las muestras modificadas dándonos valores de 3.8mm,4.1mm,4.3mm respectivamente, concordando con la investigación de Robles (2018) que nos indica de igual manera un aumento en el flujo a medida que se aumenta el porcentaje de caucho, usando de 0.5% a 2.5%,dando valores de flujo de 3.03 mm hasta 6.17 mm,siempre y cuando tomando en cuenta las normas de Manual de Carreteras, donde nos especificará el flujo ideal con el que se deba trabajar, ofreciendo un mejor resultado en la mezcla asfáltica ya que si bien es cierto se usará para pavimentos flexibles y se requiere un flujo considerable para no perder la flexibilidad, no debe exceder ciertos valores ya que perdería el total de su rigidez.

Discusión 3: Respecto a los valores de densidad en la muestra patrón se obtuvo como resultado 2.241 g/cm<sup>3</sup>, sin embargo, con la presencia de caucho los valores de la densidad bajaron, con 0.5% de caucho se obtuvo 2.148 g/cm<sup>3</sup>, con 1% de caucho se obtuvo 2.070 g/cm<sup>3</sup> y con 1.5% de caucho se obtuvo 2.023 g/cm<sup>3</sup> llegándose a interpretar que conforme se aumenta el porcentaje de caucho los valores de la densidad disminuyen, esto se fue indicando con los volúmenes de la briquetas que al incorporarle los diferentes porcentajes de caucho, 0.5%, 1% y 1.5%, fue aumentando dando los valores de 558 gr, 570 gr, 585 gr. Concordando de esta manera con la investigación realizada por Chamba y Benavides (2019) que también indican que la densidad se reduce conforme al aumento de caucho, esto se debe a que el peso de la briqueta varía ya que presenta una dilatación, que produce que se infle ligeramente, aumentando su volumen y variando el peso de la briqueta, esto sucede debido al contacto que hay entre el ligante y el caucho. Es decir, que mientras más cantidad de caucho se le incorporó el peso de la briqueta disminuirá. Se debe tener en cuenta que para un diseño de mezcla es importante contar con una alta densidad para que nos garantice un mayor rendimiento.

Discusión 4: Con respecto a los porcentajes de vacíos se obtuvieron los siguientes resultados, con la muestra de patrón dio el valor de 4.4%, incorporando a la mezcla asfáltica un 0.5% de caucho dio el valor de 7.9%, con el 1% de caucho dio el valor de 10.9% de vacíos y con el 1.5% de grano de caucho dio el valor de 12.5% de vacíos, de lo expuesto se interpreta que va de forma ascendente, es decir, a medida que se le incorpore mayor cantidad de caucho aumenta su % de vacíos, es importante mencionar que un contenido excesivo de vacíos permite entradas en el cual puede ingresar el aire y el agua, provocando un deterioro, así mismo mencionar que un contenido demasiado bajo de % de vacíos provoca la exudación del asfalto también conocido como mancha en pavimentos, quiere decir que el asfalto al llenar los vacíos existente en la mezcla se expande hasta la superficie del pavimento. Así mismo cabe mencionar los resultados obtenidos del % de vacíos del agregado mineral (VMA) los cuales fueron, en la muestra patrón se obtuvo 19.8%, y en las

muestras modificadas con caucho en 0.5% se obtuvo el valor de 22.6%, con 1% de caucho se obtuvo 25.0% y con el 1.5% de caucho se obtuvo el valor de 26.2%, interpretándose que al aumentar el porcentaje de caucho se eleva a su vez los valores del % de vacíos del agregado mineral. En este punto entramos en una leve contradicción con la investigación de Robles (2018) ,ya que en sus resultados indica que sus valores de VMA con 0.5% de caucho es de 15% ,con 1% de caucho es de 15.16% pero desde ese porcentaje sus valores empiezan a disminuir , ya que con 1.5% de caucho 14.76% ,con 2% de caucho 14.86% y con 2.5% de caucho su valor fue de 14.93%,ya que si bien sus valores al inicio ascienden llega a un punto en donde descende y luego vuelve ascender, se puede considerar un valor inestable ya que no sigue un patrón exacto, y quizás hubiera existido un resultado similar con la presente investigación si se hubiera realizado la misma cantidad de muestras con más de 3 porcentajes de asfalto. Así mismo añadir, que los % de vacíos del agregado mineral se considera específicamente a los espacios que existen entre las partículas de los agregados una vez haya sido compactada la mezclas, dentro de ella se considera los % de vacíos y el C.A óptimo.

Discusión 5: Con respecto al % llenados con Cemento asfáltico (VFA) se obtuvo los siguientes valores, con las muestras patrón se obtuvo el valor de 77.7%, con el 0.5% de caucho se obtuvo 65.3%, con el 1% de caucho se obtuvo 56.2% y con el 1.5% se obtuvo 52.4%, de tal manera que se puede interpretar que los valores del % llenado con cemento asfáltico fue disminuyendo conforme se aumentaba el porcentaje de caucho, donde discrepo con la investigación de Robles (2018) ya que según sus resultados el % llenado con cemento asfáltico aumenta conforme se le adiciona el porcentaje de caucho con 0.5% de caucho obtuvo un valor de 46.84%,con 1% de caucho obtuvo un valor de 53.61%, con 1.5% de caucho obtuvo un valor de 64.63%,con 2 % obtuvo un valor de 73.69% y con el 2.5% de caucho obtuvo el valor de 83.42%,se puede estimar que sus valores varían por la cantidad de muestras que realizo y porque en su investigación varia no solo los valores del porcentaje de caucho sino también del cemento asfáltico, conforme aumenta el porcentaje del caucho va aumentando el porcentaje del cemento asfáltico, puede

funcionar como un mejor método para poder obtener resultados más favorables conforme a los valores del % de vacíos, pero en la presente investigación se buscó enfocarse específicamente en el caucho sin alterar otra variable.

## **VI. CONCLUSIONES**

Conclusión 1: Respecto a demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible, se confirma la hipótesis, ya que los resultados obtenidos en laboratorio demuestran la influencia que generó en la mezcla asfáltica convencional, tanto en su estabilidad, flujo, densidad y %de vacíos, concluyendo que si ofrece propiedades que benefician a la mezcla asfáltica para pavimento flexibles.

Conclusión 2: De acuerdo a los resultados obtenidos conforme a la estabilidad se determina una mejora significativa conforme más cantidad de caucho se incorpore a la mezcla, esto quiere decir que se demostró la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica para pavimento flexible.

Conclusión 3: Respecto a los resultados obtenidos en relación al flujo de la mezcla asfáltica modificada, se puede determinar que existe una variación en los datos los cuales incrementan su valor otorgando mejores beneficios a la mezcla asfáltica,es por ello que se demuestra la influencia de la implementación de caucho reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.

Conclusión 4: De acuerdo a los resultados obtenidos en relación a la densidad de la mezcla asfáltica modificada, se puede determinar que existe una variación en los datos los cuales han disminuido su valor en comparación a la densidad de la muestra patrón, es por ello que se demuestra la influencia de la implementación de caucho reciclado en la densidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.

Conclusión 5: Respecto a los resultados obtenidos en relación al % de vacíos de la mezcla asfáltica modificada, se puede determinar que existe una variación en los datos los cuales han aumentado su valor en comparación al % de vacíos de la muestra patrón, es por ello que se demuestra la influencia de la implementación de

caucho reciclado en el % de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Recomendación 1: Realizar más pruebas de ensayos que abalen este tipo de construcción sostenible, es una excelente opción para el desarrollo de carreteras, ya sea con otros materiales como PVC o plásticos que ya no se le dan uso, para así puedan aportar con el medio ambiente, y por otro lado ofreciendo una mejora a los pavimentos o estructuras ofreciendo mejoras en sus propiedades y brindándole otras características que mejore su duración, resistencia, entre otras cosas.

Recomendación 2: Analizar más a detalle los porcentajes de caucho óptimos en los diferentes tipos de carreteras, ya sea una mezcla asfáltica destinada para autopista, convencionales, carreteras de primer y segundo nivel, de igual manera para el tipo de tráfico que se empleara, ya sea tráfico bajo, moderado o alto.

Recomendación 3: Complementar el ensayo Marshall con aditivos que permitan un mayor control de los resultados, ya que, si bien se obtuvieron resultados que demostraron que el caucho mejoró la mezcla asfáltica, se puede obtener resultados más elaborados si se usan otros aditivos junto al grano de caucho.

Recomendación 4: Apoyar de manera legal este tipo de investigaciones, es decir que se brinde un mayor presupuesto para que se realicen ensayos a gran escala de tal manera que permitan que se vuelva parte de una norma en la construcción, es una tecnología que ya se emplea de forma legal en otros países como Estados Unidos o Colombia.

Recomendación 5: Implementar plantas trituradoras de caucho en la ciudad de Ica que a su vez separen diferentes tipos de calidades de caucho, de tal manera que se pueda diferenciar estos tipos de caucho, ya que para futuras investigaciones puedan tener un mayor control de sus materiales que usarán y así poder obtener aún mejores resultados.

## REFERENCIAS

- [1] RAMIREZ GARZON, Viviana. *“Creación de una empresa dedicada al reciclaje de llantas a través de su trituración”*, tesis de pregrado. COLOMBIA: Bogotá: Universidad EAN,2012.  
<https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/2513/RamirezViviana2012.pdf?sequence=1>
- [2] CENTRO DE COMERCIO EXTERIOR (CCEX), Disponible en: Revista Perú Construye,2018. <https://peruconstruye.net/2018/11/16/peru-que-porcentaje-de-la-red-vial-no-esta-pavimentada/>
- [3] GONZALES Y QUISPE. *“Diseño de mezcla asfáltica en caliente con incorporación de grano de caucho reciclado en pavimento flexible, Av. Santa Rosa, 2019”*, tesis para obtener el título profesional. PERÚ: Lima: Universidad Cesar Vallejo,2019.
- [4] ROBLES ROMERO, Agustín. *“Comportamiento de la mezcla asfáltica agregando caucho reciclado en pavimentos flexibles, Ate, Lima-Perú, 2018”* tesis para obtener el título profesional. PERÚ: Lima: Universidad Cesar Vallejo,2018.
- [5] GUILLEN Y POMA, *“Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019”* tesis para obtener el título profesional. PERÚ: Lima: Universidad Cesar Vallejo,2019.
- [6] CHAMBA Y BENAVIDES, *“Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado”* proyecto de investigación para obtener el título profesional. ECUADOR: La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena,2019.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5225/1/UPSE-TIC-2019-0020.pdf>
- [7] DE JESÚS PALACIO, *“Estudio del pavimento flexible con polvo de caucho frente al efecto de fatiga”* proyecto de investigación previo de obtención del título. ECUADOR: Quito: Universidad Central del Ecuador,2019.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20270/1/T-UCE-0011-ICF-201.pdf>

- [8] M. CARDOZA-ZAMBRANO, K.V. PALOMINO-CADENA y G.E ANGULO-BLANQUISETT, "Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia", *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, vol. 10, no. 2, 17-27, 2019.
- [9] MUÑOZ PEREZ, S., HOYOS DIAZ, L., & PUICON HERRERA, K. (2021). Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria. *Infraestructura Vial*, 23(41), 11-19.  
<https://doi.org/10.15517/iv.v23i41.44410>
- [10] FIGUEROA Y FONSECA (2015) "Estudio de material reciclado para reparar fisuras y su aplicación en un pavimento en Bogotá", *Épsilon*: No. 24 , Article 5.COLOMBIA Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ep/vol1/iss24/5/>
- [11] PELAEZ; VELASQUEZ y GIRALDO. *Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. Cienc. Ing. Neogranad.* [online]. 2017, vol.27, n.2 [cited 2022-03-15], pp.27-50. Available from: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81702017000200027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702017000200027&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0124-8170
- [12] REYES, SIERRA Y BECERRA *Aplicación de caucho reciclado para uso en pavimento Rígido: Revisión, análisis y perspectivas de investigación.* COLOMBIA, 2020. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/30434>
- [13] MUÑOZ, VIDAURRE, ASENJO Y GAVIDIA. (2021). El uso del caucho de neumáticos triturados y aplicados al concreto: una revisión literaria. *Revista De Investigación Talentos*, 8(1), 36-51.  
<https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.142>
- [14] FIGUEROA, SÁNCHEZ Y REYES "Caracterización física de un asfalto modificado con poli estireno y llanta triturada "COLOMBIA: Bogotá, 2007.Revista Épsilon: Issue 9, Article 5.  
[https://www.redalyc.org/pdf/955/95500905.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.redalyc.org/pdf/955/95500905.pdf?origin=publication_detail)
- [15] RONDON Y REYES. *Pavimentos: materiales, construcción y diseño.*1° ed. COLOMBIA: Bogotá, 2015.ISBN:978-612-304-263-9

<https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

- [16] CASTRO. *Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos*. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA F.I.U.B.A.2007. Pág.5.  
[https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Reutilizacion\\_Reciclado\\_y\\_Disposicion\\_final\\_de\\_Neumatico.pdf](https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf)
- [17] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos*. PERÚ: Lima,2014. R.D. N°10-2014-MTC/14  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- [18] VISE. *¿Qué es un pavimento flexible y cuando conviene usarlo?* MEXICO, 2021. Disponible en: <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>
- [19] LEÓN, HERRERA, GÓMEZ Y REYES. *Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C.* COLOMBIA,2009. Pág. 20  
<https://revistas.ucr.ac.cr>
- [20] [21] [23] MARTINEZ, BERNARDO, GONZALES, CELIS, FUENTES, TORRES. *Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos*. Revista Ingeniería de Construcción.COLOMBIA,2018.
- [22] DIAZ Y CASTRO, *Implementación del grano de caucho reciclado (gcr) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá*. COLOMBIA, 2017. Disponible en:<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf>
- [24] [25] NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN CE.0 10, *Pavimentos Urbanos*. PERÚ: Lima,2010.  
[https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos\\_Urbanos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf)
- [26] ULLOA, *Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico*. COSTA

- RICA,2011. Vol.1. Pág.49.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/8393>
- [27] MANUAL DE CARRETERAS, Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013). R.D. N° 22-2013 – MTC (Edición – Marzo de 2014). Pg157.[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_10%20EG%202013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf)
- [28] [33] MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.PERÚ: Lima,.2016.  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- [29] CAMPAÑA, GALEAS Y GUERRERO. *Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores*.ECUADOR,2015. Vol.36, No 3.  
[https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/513](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/513)
- [30] GARNICA, DELGADO, GÓMEZ, ROMERO, ALARCÓN. *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. MÉXICO, 2004.ISSN: 0188-7297. Pág. 5.  
<https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt246.pdf>
- [31] BOJORQUE; FLORES y VASQUEZ. Marshall parameters for quality control of hot mix asphalt after pavement construction. *Revista de la Construcción* [online]. 2019, vol.18, pp.178-185. Pág. 180  
<[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2019000100178&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2019000100178&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-915X.
- [32] RIOS CACERES, *Gravedad específica bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes parafinados*. 2017.Instituto Nacional de Vías. <https://docplayer.es/34029668-Gravedad-especifica-bulk-y-densidad-de-mezclas-asfalticas-compactadas-empleando-especimenes-parafinados-i-n-v-e.html>
- [34] CAMINOS *Propiedades consideradas en el diseño de mezclas*. Universidad Nacional de altiplano de Puno.2021. Pág. 167.  
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-del-altiplano->

de-puno/caminos-i/propiedades-consideradas-en-el-diseno-de-  
mezclas/18853957

- [35] VARGAS CORDERO, Zoila. *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. vol.33. COSTA RICA: San Pedro, 2009. ISSN: 0379-7082, 2009.
- [36] VALDERRAMA M. Santiago, 2018. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. 2ª ed. Lima: San Marcos. ISBN 978-612-302-878-7.
- [37] [38] [39] [45] [49] HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas*. 1ºed. MEXICO: Ciudad de México, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- [40] CAUAS, Daniel. *Variables de Daniel Cauas*. COLOMBIA: Bogota, 2015.
- [41] ESPINOZA FREIRE, Eudaldo. *Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Segunda parte*. ECUADOR, 2019. ISSN 2519-7320.
- [42] ARIAS, VILLASÍS, MIRANDA. *Metodología de la Investigación*. MÉXICO: Ciudad de México, 2016. ISSN: 0002-5151.
- [43] [44] LOPEZ, Pedro. *Población muestra y muestreo*. Cochabamba, 2004. ISSN 1815-0276.
- [46] MAYA, Esther. *Métodos y Técnicas de investigación*. MÉXICO: Distrito Federal, 2014. ISBN: 978-97032-5432-3.
- [47] TORRES, PAZ Y SALAZAR. *Métodos de recolección de datos para una investigación*. Recuperado de [http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL\\_03\\_BAS01.pdf](http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL_03_BAS01.pdf)
- [48] PAZ SANDÍN, Esteban. *Criterios de validez en la investigación cualitativa: de la objetividad a la solidaridad*. ESPAÑA: Barcelona, 2000. Revista de Investigación Educativa.  
<https://revistas.um.es/rie/article/view/121561/114241>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables

Título: Implementación de grano de caucho reciclado para el mejoramiento de la mezcla asfáltica para un pavimento flexible en Ica, 2021.					
Autor: Alex Anthony Meza Quispe					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Grano de caucho reciclado	Las referencias de las teorías definen a las llanta triturada o grano de caucho reciclado, como un modificador de asfaltos que incide de manera benéfica en la flexibilidad y resistencia a la tensión de las mezclas, esto se visualiza en la disminución de grietas. (Figueroa, Sanchez y Reyes, 2007, p. 43)	El tamaño del material reciclado con el cual se experimentan mejores comportamientos en las mezclas parece ser de 0.425 mm (tamiz No. 40 en un ensayo de granulometría por tamizado)(Rondón y Reyes,2015,p.347)	Granulometria	Tamiz malla N° 10-2 mm NTP 400.022 /ASTM C 128	De razón
			Dosificación	0.5% de grano de caucho (en reemplazo del agregado fino)	De razón
				1.5% de grano de caucho (en reemplazo del agregado fino)	
Mezcla Asfáltica	Las mezclas bituminosas (o asfálticas), que también reciben usualmente la denominación de aglomerados, están formadas por una combinación de áridos y un ligante hidrocarbonatado, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua de éste. Se fabrican de forma mecánica en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extiende y se compactan.”(Kraemer,2004p.313)	Los valores de estabilidad Marshall y flujo junto con la densidad, vacíos de aire de la mezcla total, vacíos en el agregado mineral ó simplemente vacíos ó ambos, llenados con asfalto; son empleados para el diseño de mezclas en laboratorio, así como para la evaluación de mezclas asfálticas.(Manual de Ensayo de Materiales,2016p.583)	Propiedades Mecánicas	Estabilidad	De razón
				Flujo	De razón
				Densidad	De razón
				Porcentaje de Vacíos	De razón

## ANEXO 2. Matriz de Consistencia

Título: Implementación de grano de caucho reciclado para el mejoramiento de la mezcla asfáltica para un pavimento flexible en Ica, 2021.							
Autor: Alex Anthony Meza Quispe							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>Grano de Caucho Reciclado</b>	Granulometría	Tamiz malla N° 10-2 mm NTP 400.022 /ASTM C 128	Tamiz malla N° 10-2 mm NTP 400.022 /ASTM C 128	Tipo de investigación Aplicada  Enfoque de investigación Cuantitativo  El diseño de la investigación CuasiExperimental  El nivel de la investigación: Explicativo  Población: mezcla asfáltica en caliente convencional y la mezcla asfáltica en caliente incorporando los granos de caucho reciclados.  Muestra: 24 briquetas  Muestreo: No probabilístico
¿De que manera la implementación de grano de caucho reciclado influye en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021?	Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021	La implementación de grano de caucho reciclado influye en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021		Dosificación	0.5% de grano de caucho (en reemplazo del agregado fino)	Balanza	
					1% de grano de caucho (en reemplazo del agregado fino)		
					1.5% de grano de caucho (en reemplazo del agregado fino)		
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>	<b>Mezcla Asfáltica</b>	Propiedades Mecánicas	Estabilidad	Método Marshall MTC E504-2000 ASTM D6927	
¿En que medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021?	Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.	La implementación de grano de caucho reciclado influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.					
¿En que medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en la fluencia de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021?	Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la fluencia de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.	La implementación de grano de caucho reciclado influye en la fluencia de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.					Flujo
¿En que medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en la densidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021?	Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en la densidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.	La implementación de grano de caucho reciclado influye en la densidad de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.					Densidad
¿En que medida la implementación de grano de caucho reciclado influye en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021?	Demostrar la influencia de la implementación de grano de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.	La implementación de grano de caucho reciclado influye en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica para el pavimento flexible en Ica,2021.					Porcentaje de Vacíos

ANEXO 3. Instrumento de recolección de datos

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
NTP 400.012 - NTE CE.010

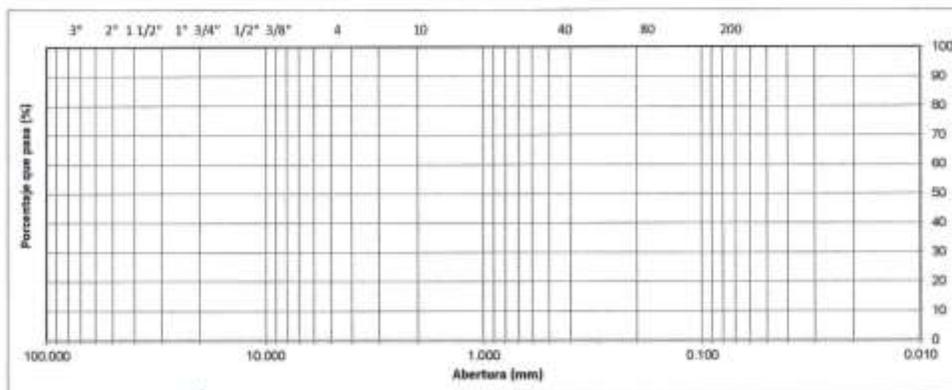
SOLICITANTE(S):

PROYECTO:

PROCEDENCIA:

FECHA:

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
Nº 4	4.750				
Nº 10	2.000				
Nº 40	0.425				
Nº 80	0.180				
Nº 200	0.075				
< Nº 200	FONDO				



*[Signature]*  
**Michel Vladimir Cuadros Cancho**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 266756

*[Signature]*  
**REMY CABALLERO MORAN**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 237556

*[Signature]*  
 Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
**Angel Román Huancá Borda**  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53104

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
**NTP 400.012 - NTE CE.010**

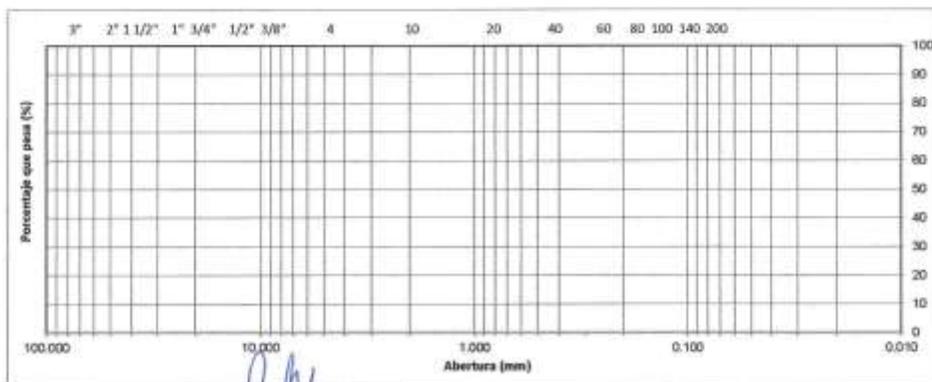
SOLICITANTE(S):

PROYECTO:

PROCEDENCIA:

FECHA:

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
Nº 4	4.750				
Nº 10	2.000				
Nº 20	0.840				
Nº 40	0.425				
Nº 60	0.250				
Nº 80	0.180				
Nº 140	0.106				
Nº 200	0.075				
< Nº 200	FONDO				



*Michel Vladimir Candros Cancho*  
**Michel Vladimir Candros Cancho**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 246714

*Remy Caballero Morán*  
**REMY CABALLERO MORÁN**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 237556

Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
*Angel Rosendo Juanca Borda*  
**Angel Rosendo Juanca Borda**  
 MRC. INE. CIVIL. CIP. 237556

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO  
NTP 400.022 / ASTM C 128**

SOLICITANTE(S):

PROYECTO:

PROCEDENCIA:

FECHA:

METODO:

	MUESTRA		
	1	2	3
A (Peso Seco)			
B (Peso SSS)			
C (Peso fiola + agua)			
D (Peso fiola+agua+muestra)			
%ABSORCION (B-A/A)			
DENSIDAD RELATIVA (A/B+C-D)			

% ABSORCION PROM.	
DENSIDAD RELATIVA PROM.	

  
**Michel Vladimir Caprus Cancho**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg.CIP. N° 268758

  
**NEYMY CABALLERO MORÁN**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 237556

  
 Especialista En Proyectos  
 De Ingeniería De Concreto E.I.R.L.  
**Angelo Rosal Fianca Borda**  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO  
NTP 400.021 / ASTM C 127**

SOLICITANTE(S):

PROYECTO:

PROCEDENCIA:

FECHA:

	MUESTRA		
	1	2	3
A (Peso Seco)			
B (Peso 555)			
C (Peso 555 sumergido)			
%ABSORCION (B-A/A)			
DENSIDAD RELATIVA (A/B-C)			

% ABSORCION PROM.	
DENSIDAD RELATIVA PROM.	

  
**Michel Vladimir Canchico Cancho**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 266758

  
**REMY CABALLERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 237556

Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería De Concreto .E.I.R.L.  
  
**Angel Rocío Blanca Borda**  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

SOLICITANTE(S):

PROYECTO:

PROCEDENCIA:

FECHA:

MUESTRA:

	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)			
FLUJO (mm)			
FLUJO PROMEDIO (mm)			

	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)			
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )			
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD			
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)			
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)			

*Vladimir*  
  
**Vladimir Cuadros Cerco**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 247118

*Remy*  
  
**REMY CABALLERO MORAN**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 237556

*Angel*  
 Especialistas En Proyectos  
 De Ingenieria Y Concreto E.I.R.L.  
**Angel Rodan Blanca Borda**  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL

SOLICITANTE(S):

PROYECTO:

PROCEDENCIA:

FECHA:

MUESTRA:

	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)			
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)			
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)			
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)			
ABSORCIÓN (%)			
P. E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )			
P. E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )			

  
Michel Vladimir Cuadros Cancho  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 2687

  
REMY CABALLERO MORAN  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 237556

Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
  
Angel Rosa Juanca Borda  
MSC. ING. CIVIL. CIP 53364

# ANEXO 4. Validez



## VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Apellidos y nombres del experto: Miranca Borda, Angel Rosan  
 Institución donde labora : Especialistas en Proyectos de Ingeniería y Concreto EIRL  
 Especialidad : Ing. Civil

Instrumento de evaluación: Análisis granulométrico de los agregados, Peso específico y absorción de los agregados, Fabricación de briquetas Marshall, Peso específico Bulk de la briketa, Estabilidad y flujo Marshall.

Autor del instrumento:

**IMPLEMENTACION DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación estructural y aplicación de aditivos en el concreto, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: IMPLEMENTACION DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

5

Ica 21 de febrero de 2022

ANGEL ROSAN HUAMICA BORDA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 23304

**VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION**

Apellidos y nombres del experto: Y. Cuadros Concho  
 Institución donde labora : Municipalidad Distrital de Cuzcoje  
 Especialidad : Ingr. Civil

Instrumento de evaluación: Análisis granulométrico de los agregados, Peso específico y absorción de los agregados, Fabricación de briquetas Marshall, Peso específico Bulk de la briqueta, Estabilidad y Flujo Marshall.

Autor del instrumento:

**IMPLEMENTACION DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación estructural y aplicación de aditivos en el concreto, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: IMPLEMENTACION DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						50

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

5

Ica 21 de febrero de 2020

  
**Y. Cuadros Concho**  
**INGENIERO CIVIL**  
**Reg. CP. N° 268756**

**VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION**

 Apellidos y nombres del experto: Remy Caballero Moran

Institución donde labora : \_\_\_\_\_

 Especialidad : Ing Civil

Instrumento de evaluación: Análisis granulométrico de los agregados, Peso específico y absorción de los agregados, Fabricación de briquetas Marshall, Peso específico Bulk de la briqueta, Estabilidad y flujo Marshall.

Autor del instrumento:

**IMPLEMENTACION DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.**
**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

MUY DÉFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	INDICADORES				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación estructural y aplicación de aditivos en el concreto, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: IMPLEMENTACION DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

5

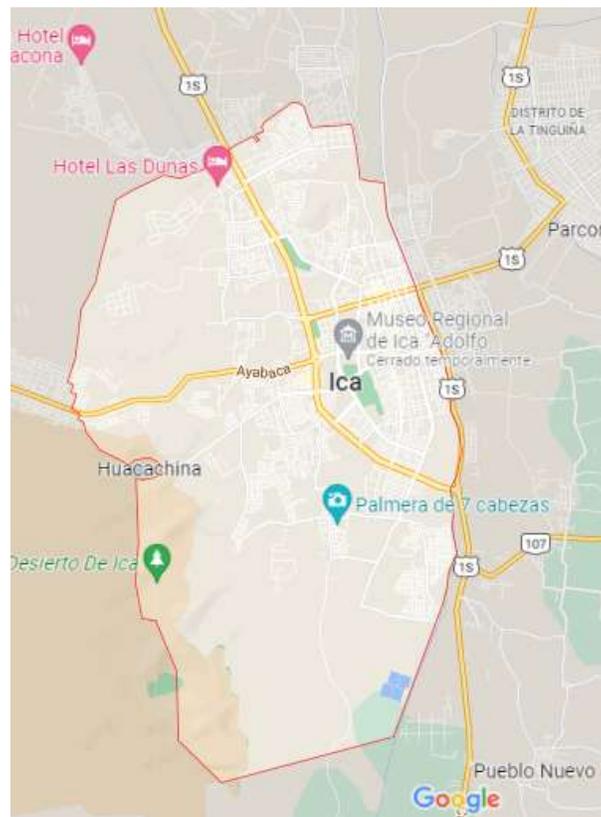
Ica 21 de febrero de 2022


  
 REMY CABALLERO MORAN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 237556

## ANEXO 5. Mapas y planos



**Figura 1:** Mapa del Departamento de Ica.



**Figura 2:** Mapa del Distrito de Ica

## ANEXO 6. Panel fotográfico



Foto 1: Calculando la gravedad específica del agregado fino con las fiolas.



Foto 2: Calculando la gravedad específica del agregado grueso.



Foto 3: Calculando el peso sumergido.



Foto 4: Análisis granulométrico de los agregados según norma NTP 400.012.



Foto 5: Separación de los agregados gruesos por granulometría.



Foto 6: Separación de los agregados finos por granulometría.



Foto 7: Mezcla de los agregados para la elaboración de las briquetas.



Foto 8: Se calienta el Cemento asfáltico en el horno a una temperatura de 140°C.

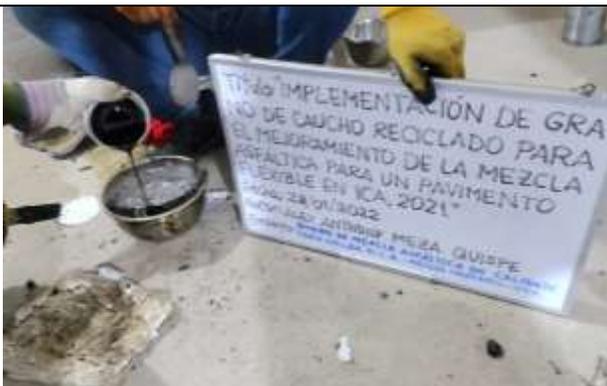


Foto 9: Se mezcla los agregados con el cemento asfáltico de manera homogénea en un recipiente.



Foto 10: La mezcla asfáltica se encuentra a una temperatura de 123.4°C.



Foto 11: La mezcla asfáltica es colocada en el molde de la biqueta.



Foto 12: Se somete a los 75 golpes por cada cara según la norma ASTM D4123-82.



Foto 13: Elaboración de las primeras 12 briquetas para obtener la cantidad optima de CA.



Foto 14: Las 12 briquetas presentan 4 dosificaciones diferentes de 5%,5.5%,6% y 6.5% de contenido de CA.



Foto15: Ensayo Marshall con las 12 briquetas para hallar el óptimo contenido de CA.



Foto 16: Separación de los granos de caucho utilizando la tamiz malla N°10-2mm.



Foto 17: Incorporación de grano de caucho a la mezcla asfáltica.



Foto 18: Determinando su densidad real



Foto 19: Se determina su densidad de la briqueta por medio de su masa, pesada al aire en condición seca, saturada superficialmente seca y sumergida en agua.



Foto 20: Las briquetas se sumergen en un baño de agua, manteniendo una temperatura de  $60 \pm 1^\circ\text{C}$ .



Foto 21: Las briquetas son extraídas del baño de agua y secadas superficialmente para realizar el ensayo Marshall.



Foto 22: Se somete a una carga constante hasta producir la falla. Obteniendo los resultados de Estabilidad (carga máxima) y flujo (deformación de la carga máxima)

ANEXO 7. Certificados de laboratorio de los ensayos.



**DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO  
NTP 400.022 / ASTM C 128**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRAND DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022  
**METODO:** GRAVIMÉTRICO

	MUESTRA		
	1	2	3
A (Peso Seco)	246.7	246.9	246.8
B (Peso SSS)	250.0	250.0	250.0
C (Peso fiola + agua)	670.8	665.1	664.8
D (Peso fiola+agua+muestra)	828.0	821.7	821.2
%ABSORCION (B-A/A)	1.34	1.26	1.30
DENSIDAD RELATIVA (A/B+C-D)	2.66	2.64	2.64

% ABSORCION PROM.	<b>1.30</b>
DENSIDAD RELATIVA PROM.	<b>2.65</b>



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.

Angel R. San Huanca Borda  
MSC, ING. CIVIL - CIP 53304  
EPICRET /



**DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO  
NTP 400.021 / ASTM C 127**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTD. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

	MUESTRA		
	1	2	3
A (Peso Seco)	995	945	979
B (Peso SSS)	1011	956	992
C (Peso SSS sumergido)	631	596	620
%ABSORCION (B-A/A)	1.61	1.16	1.38
DENSIDAD RELATIVA (A/B-C)	2.62	2.63	2.63

% ABSORCION PROM.	<b>1.38</b>
DENSIDAD RELATIVA PROM.	<b>2.63</b>

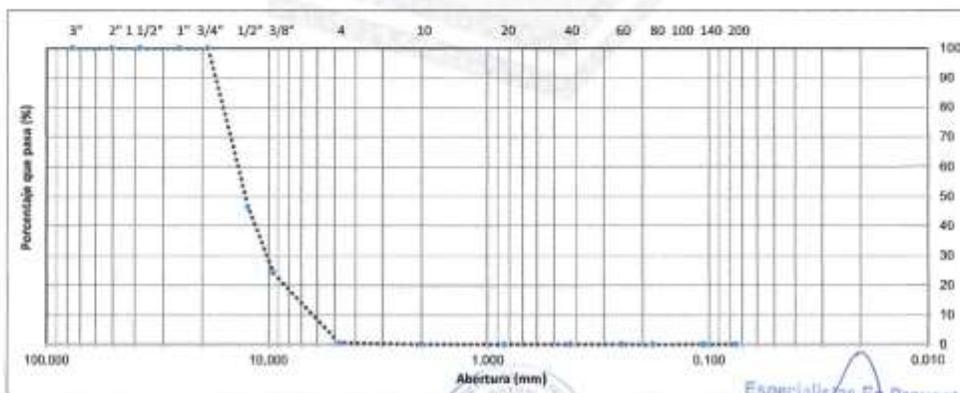


Especialistas en Proyectos  
De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
Angel R. ... Franco Borda  
MSC. ING. CIVIL DIP 63304

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
NTP 400.012 - NTE CE.010**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTD. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

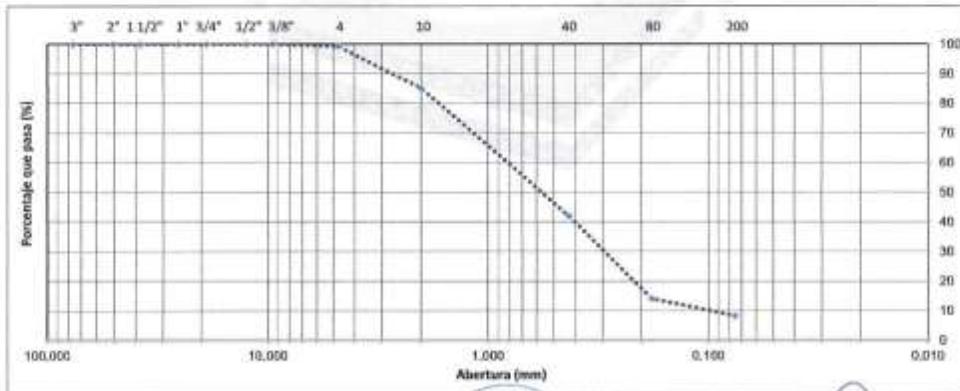
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	603.90	53.46	53.46	46.54
3/8"	9.500	252.80	22.38	75.83	24.17
Nº 4	4.750	267.10	23.64	99.48	0.52
Nº 10	2.000	4.80	0.42	99.90	0.10
Nº 20	0.840	0.30	0.03	99.93	0.07
Nº 40	0.425	0.20	0.02	99.95	0.05
Nº 60	0.250	0.10	0.01	99.96	0.04
Nº 80	0.180	0.20	0.02	99.97	0.03
Nº 140	0.106	0.30	0.03	100.00	0.00
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
< Nº 200	FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00
		1129.7	100.0		



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
NTP 400.012 - NTE CE.010**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTD. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA.  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	2.70	0.62	0.62	99.38
Nº 10	2.000	62.40	14.40	15.02	84.98
Nº 40	0.425	186.30	42.99	58.01	41.99
Nº 80	0.180	121.00	27.92	85.93	14.07
Nº 200	0.075	25.70	5.93	91.86	8.14
< Nº 200	FONDO	35.30	8.14	100.00	0.00
		433.4	100.0		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Construcción E.I.R.L.  
 Angel Ponce Osorio Gorda  
 INSC. ING. CIVIL CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022.  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1181	1218	1187
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1186	1223	1192
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	661	684	662
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	525	539	530
ABSORCIÓN (%)	0.42	0.41	0.42
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.250	2.260	2.240
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.250		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto. E.I.R.L.  
 Angel Wassa Blanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5.5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1201	1190	1191
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1207	1195	1195
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	655	658	659
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	552	537	536
ABSORCIÓN (%)	0.50	0.42	0.34
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm3)	2.176	2.216	2.222
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm3)	2.205		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
Angel Rosales Borda  
MSc. ING. CIVIL CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1194	1200	1183
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1203	1207	1190
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	634	642	634
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	569	565	556
ABSORCIÓN (%)	0.75	0.58	0.59
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.098	2.124	2.128
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.117		



Especialista En Proyectos  
 De Ingeniería Civil E.I.R.L.  
 Angiel Alcántara Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6.5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1171	1190	1189
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1183	1198	1197
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	598	624	621
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	585	574	576
ABSORCIÓN (%)	1.02	0.67	0.67
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm3)	2.002	2.073	2.064
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm3)	2.046		



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 \_\_\_\_\_  
 Angel Adoniz Blanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. OIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
 MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	102	118	121
FLUJO (mm)	2.59	3.00	3.07
FLUJO PROMEDIO (mm)	2.89		

	DISEÑO CON 5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1092.0	1161.0	1085.5
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm3)	525	539	530
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	1.00	1.00	1.00
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1092.00	1161.00	1085.50
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1112.8		



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel Román Borda  
 MSC. INGENIERO CIVIL CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5.5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	131	127	133
FLUJO (mm)	3.33	3.23	3.38
FLUJO PROMEDIO (mm)	3.31		

	DISEÑO CON 5.5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	970.8	1116.8	1002.9
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	552	537	536
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.96	0.96	1.00
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	931.97	1072.13	1002.90
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1002.3		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Construcción E.I.R.L.  
 Angel R. Borda  
 MSC. INGENIERO CIVIL CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY

**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.

**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

**FECHA:** ENERO DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	136	139	135
FLUJO (mm)	3.45	3.53	3.43
FLUJO PROMEDIO (mm)	3.47		

	DISEÑO CON 6% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	934.4	874.7	783.1
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	569	565	556
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.96	1.00	0.96
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	897.02	874.70	751.78
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	841.2		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Construcción E.I.R.L.

Angel Roman Valencia Borda  
MSc. ING. CIVIL. CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6.5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	147	145	151
FLUJO (mm)	3.73	3.68	3.84
FLUJO PROMEDIO (mm)	3.75		

	DISEÑO CON 6.5% DE ASFALTO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	828.1	842.6	691.1
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	585	574	576
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	1.00	0.96	1.00
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	828.10	808.90	691.10
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	776.0		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Laboratorio E.I.R.L.  
 Angel Norberto Borda  
 MSC. ING. CIVIL - CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** OTTO, DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

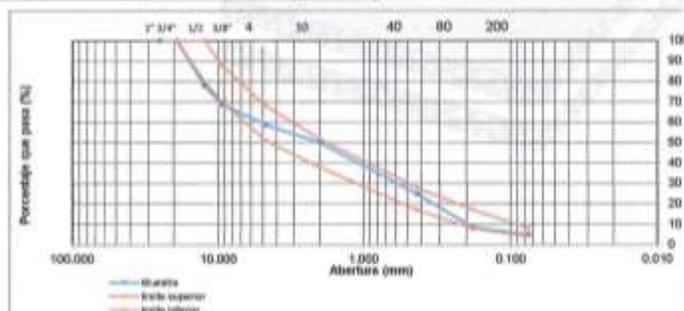
**GRANULOMETRIA PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS**

PIEDRA CHANCADA : 41.0 %  
 ARENA : 59.0 %

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q. Pasa
3"	75.000			
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000	0		100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	21.92	21.9	78.1
3/8"	9.500	9.18	31.1	68.9
N°4	4.750	10.06	41.2	58.8
N°10	2.000	8.67	49.8	50.2
N°40	0.425	25.38	75.2	24.8
N°80	0.180	16.48	91.7	8.3
N°200	0.075	3.51	95.2	4.8
FONDO		4.80		

MAC - 2	
TAMIZ	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 88
N°4	51 - 68
N°10	38 - 52
N°40	17 - 28
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8



Especialistas En Proyectos De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.

Angel Roxan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL / CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - PIEDRA CHANCADA**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
1"	25.000				100
3/4"	19.000	0	0.0		100
1/2"	12.500	53.46	53.5		46.54
3/8"	9.500	22.38	75.8		24.16
Nº4	4.750	23.64	99.5		0.52
Nº10	2.000	0.42	99.9		0.1
Nº40	0.425	0.05	100.0		0.05
Nº80	0.180	0.03	100.0		0.02
Nº200	0.075	0.02	100.0		0.00
FNDO		0			

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ARENA**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
3/8"	9.500				100
Nº4	4.750	0.62	0.6		99.38
Nº10	2.000	14.4	15.0		84.96
Nº40	0.425	42.99	58.0		41.99
Nº80	0.180	27.92	85.9		14.07
Nº200	0.075	5.93	91.9		8.14
FNDO		8.14			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosari Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL / CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUIRPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - PIEDRA CHANCADA**

MASA SECA  
 MASA SSS  
 MASA SSS SUMERGIDA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA  
 PESO ESPECIFICO APARENTE  
 ABSORCION (%)

	1	2	3
MASA SECA	995	945	979
MASA SSS	1011	956	992
MASA SSS SUMERGIDA	631	596	620
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	2.63		
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	2.66		
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.72		
ABSORCION (%)	1.97		

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - ARENA**

MASA SECA  
 MASA SSS  
 MASA FIOLA+AGUA  
 MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA  
 PESO ESPECIFICO APARENTE  
 ABSORCION (%)

	1	2	3
MASA SECA	246.7	246.9	246.8
MASA SSS	250	250	250
MASA FIOLA+AGUA	670.8	665.1	664.8
MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA	828	821.7	821.2
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	2.65		
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	2.68		
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.74		
ABSORCION (%)	1.90		



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.

Angel Rosal Rianca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECIKLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** DITO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927**
**A. MEZCLA DE AGREGADOS**

- PIEDRA CHANCADA : 41 %  
 - ARENA : 59 %

**B. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO MARSHALL**

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.0	5.5	6.0	6.5
PESO ESPECIFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.251	2.245	2.243	2.289
ESTABILIDAD (kg)	1112.8	1002.3	841.2	776.0
FLUJO (mm)	2.9	3.3	3.5	3.8
ESTABILIDAD - FLUJO (kg/cm)	3854.5	3027.8	2423.2	2069.0
RELACION POLVO - ASFALTO	1.0	0.9	0.8	0.7
VACIOS DE AIRE (%)	4.9	4.4	4.1	2.1
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.9	19.6	20.1	18.8
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	74.3	77.6	79.4	89.0



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.

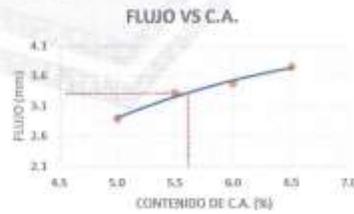
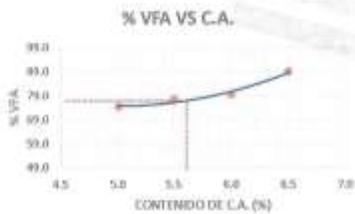
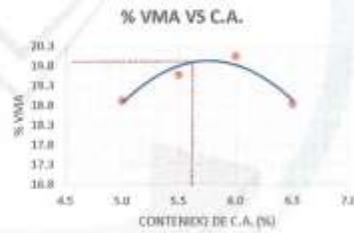
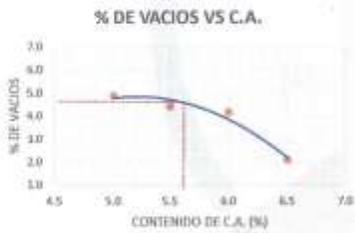
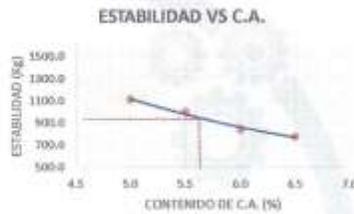
  
 Angel Rozar Huancaborda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUIRPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** DITO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huarcaya Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CALIJO REOCLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1	:	Piedra Chancada
Muestra 2	:	Arena
Cemento Asfáltico	:	PEN 60/70

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927**
**CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA:**

Numero de golpes por cara	:	75
Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)	:	5,6
Peso específico Bulk (gr/cm <sup>3</sup> )	:	2,238
Relacion polvo - Asfalto	:	0,9
Estabilidad (kg)	:	940
Flujo (mm)	:	3,3
Estabilidad - Flujo (kg/cm)	:	2848,5
Vacios (%)	:	4,3
Vacios llenos con cemento asfáltico VFA (%)	:	77
Vacios de agregado mineral VMA (%)	:	19,9

**PROPORCIONES DE AGREGADOS**

Piedra chancada	:	41	%
Arena	:	59	%

**CONTENIDO DE ASFALTO**

Cemento asfáltico	:	PEN 60/70	
Contenido óptimo de cemento asfáltico	:	5,6	%

**NOTA:**

Las muestras de agregados y cemento asfáltico fueron traídas por el solicitante hacia nuestra representada  
 Un contenido de Cemento asfáltico lejos del óptimo ( $\pm 0,3\%$ ) puede ocasionar problemas en las características resistentes, exudación del asfalto, problemas con la fricción entre los neumáticos y la superficie del pavimento, etc.



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosier Huancaborda  
 MSC. ING. CIVIL - CIP 52304



## INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MEZA QUIJSPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** OTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**Muestra 1 :** Piedra Chancada  
**Muestra 2 :** Arena  
**Cemento Asfáltico :** PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			2			3			4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
BRIQUETA	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	38.95	38.95	38.95	38.74	38.74	38.74	38.54	38.54	38.54	38.34	38.34	38.34
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	56.05	56.05	56.05	55.76	55.76	55.76	55.46	55.46	55.46	55.16	55.16	55.16
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm <sup>3</sup> )	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	1.191	1.183	1.171	1.203	1.182	1.186	1.187	1.177	1.207	1.181	1.184	1.163
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1197	1190	1178	1209	1188	1193	1194	1184	1215	1187	1189	1170
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	670	662	658	675	664	660	667	660	674	670	675	660
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	527	528	520	534	524	524	534	527	524	541	517	514
P.E BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.260	2.241	2.252	2.263	2.256	2.225	2.252	2.246	2.231	2.284	2.304	2.280
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.366	2.366	2.366	2.348	2.348	2.348	2.340	2.340	2.340	2.338	2.338	2.338
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm <sup>3</sup> )	4.48	5.30	4.82	4.05	3.93	5.23	3.74	4.01	4.66	2.30	1.48	2.46
% DE VACIOS PROMEDIO	4.9			4.4			4.1			2.1		
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.60	19.30	18.89	19.28	19.18	20.27	19.73	19.95	20.49	19.02	18.34	19.16
%VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.9			19.6			20.1			18.8		
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	75.90	72.52	74.47	78.98	79.51	74.19	81.02	79.90	77.27	87.93	91.95	87.14
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	74.3			77.6			79.4			89.0		
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.55	2.55	2.55	2.57	2.57	2.57
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.46	1.46	1.46	1.50	1.50	1.50	1.34	1.34	1.34	1.06	1.06	1.06
% ASFALTO EFECTIVO	3.54	3.54	3.54	4.00	4.00	4.00	4.66	4.66	4.66	5.44	5.44	5.44
FLUJO (div)	102	118	121	131	127	133	136	139	135	147	145	151
FLUIDO (mm)	2.59	3.00	3.07	3.33	3.23	3.38	3.45	3.53	3.43	3.73	3.68	3.84
FLUIDO PROMEDIO (mm)	2.9			3.3			3.5			3.8		
ESTABILIDAD SIN CORRIGIR (kg)	1092.0	1161.0	1085.5	970.8	1116.8	1002.9	934.4	874.7	783.1	828.1	842.6	691.1
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	0.96	1.00	0.96	1.00	0.96	1.00
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1092.00	1161.00	1085.50	931.97	1072.13	1002.90	897.02	874.70	751.78	828.10	808.90	691.10
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	1112.8			1002.3			841.2			776.0		

De Ingeniería Civil y Proyectos  
 Asociados en Proyectos  
 Angel P. Valencia Gorda  
 MSc. INGE. CIVIL CAP 33084



Resultados del ensayo Marshall incorporando los granos de caucho.



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** FEBRERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 0% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 0% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	134	125	131
FLUJO (mm)	3.40	3.18	3.33
FLUJO PROMEDIO (mm)	3.30		

	DISEÑO CON 0% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1080.6	937.1	985.3
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	528	531	520
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.96	0.96	1.00
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1037.38	899.62	985.30
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	974.1		



Especialistas en Proyectos  
De Ingeniería y Construcción E.I.R.L.  
 Angel Roman Francisco Borda  
 M.S.C. ING. CIVIL - CIP 53104

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
 MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY

**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.

**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

**FECHA:** FEBRERO DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 0.5% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 0.5% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	143	141	168
FLUJO (mm)	3.63	3.58	4.27
FLUJO PROMEDIO (mm)	3.83		

	DISEÑO CON 0.5% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1155.9	1176.9	1033.2
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	548	544	560
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.89	0.93	0.86
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1028.75	1094.52	888.55
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1003.9		



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Ango Pichay Susana Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 83304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** FEBRERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 1% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 1% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	145	183	154
FLUJO (mm)	3.68	4.65	3.91
FLUJO PROMEDIO (mm)	4.08		

	DISEÑO CON 1% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1251.8	1307.0	1294.3
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm3)	574	572	572
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.83	0.86	0.86
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1038.99	1124.02	1113.10
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1092.0		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería En Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rivas Casaca Borda  
 INGENIERO CIVIL CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** FEBRERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 1.5% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 1.5% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
FLUJO (div)	173	164	175
FLUJO (mm)	4.39	4.17	4.45
FLUJO PROMEDIO (mm)	4.33		

	DISEÑO CON 1.5% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1018.9	914.4	1095.3
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	590	592	570
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.81	0.81	0.86
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	825.31	740.66	941.96
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	836.0		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Construcción E.I.R.L.  
*Angel*  
 Angel Rosan-Blanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL / CIP 53354

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** FEBRERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 0% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 0% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1185	1182	1172
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1186	1183	1174
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	658	652	654
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	528	531	520
ABSORCIÓN (%)	0.08	0.08	0.17
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.244	2.226	2.254
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.241		



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosales Borda  
 MSC ING CIVIL CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO REICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** FEBRERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 0.5% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 0.5% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1180	1184	1184
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1192	1190	1194
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	644	646	634
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	548	544	560
ABSORCIÓN (%)	1.02	0.51	0.84
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.153	2.176	2.114
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.148		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
*[Signature]*  
 Angel Rojas Casanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53384

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** FEBRERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 1% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 1% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1185	1188	1183
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1198	1199	1192
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	624	627	620
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	574	572	572
ABSORCIÓN (%)	1.10	0.93	0.76
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm3)	2.064	2.077	2.068
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm3)	2.070		



Especialistas en Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Reson Huérfano Borda  
 MSc. ING. CIVIL - CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**PROCEDENCIA:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** FEBRERO DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON C.A. 5.6% Y 1.5% DE CAUCHO

	DISEÑO CON 1.5% DE CAUCHO		
	M-1	M-2	M-3
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1174	1193	1176
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1195	1203	1185
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	605	611	615
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	590	592	570
ABSORCIÓN (%)	1.79	0.84	0.77
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	1.990	2.015	2.063
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.023		



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería De Concreto E.I.R.L.  
*[Signature]*  
 Angel Roberto Juanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** DITTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

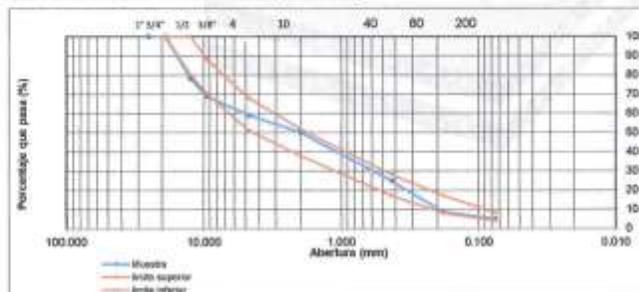
**GRANULOMETRIA PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS**

PIEDRA CHANCADA : 41.0 %  
 ARENA : 59.0 %

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%L. Pasa
3"	75.000			
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000	0		100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	21.92	21.9	78.1
3/8"	9.500	9.18	31.1	68.9
N°4	4.750	10.06	41.2	58.8
N°10	2.000	8.67	49.8	50.2
N°40	0.425	25.38	75.2	24.8
N°80	0.180	16.48	91.7	8.3
N°200	0.075	3.51	95.2	4.8
FONDO		4.80		

MAC - 2	
TAMIZ	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 88
N°4	51 - 68
N°10	38 - 52
N°40	17 - 28
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Civil E.I.R.L.  
 Angel Robert Mónica Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** DITO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - PIEDRA CHANCADA**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q. Pasa
1"	25.000			100
3/4"	19.000	0	0,0	100
1/2"	12.500	53,46	53,5	46,54
3/8"	9.500	22,38	75,8	24,16
N°4	4.750	23,64	99,5	0,52
N°10	2.000	0,42	99,9	0,1
N°40	0.425	0,05	100,0	0,05
N°80	0.180	0,03	100,0	0,02
N°200	0.075	0,02	100,0	-4,13E-16
FONDO		0		

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ARENA**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q. Pasa
3/8"	9.500			100
N°4	4.750	0,62	0,6	99,38
N°10	2.000	14,4	15,0	84,98
N°40	0.425	42,99	58,0	41,99
N°80	0.180	27,92	85,9	14,07
N°200	0.075	5,93	91,9	8,14
FONDO		8,14		



Especialistas En Proyectos De Ingeniería y Concrete E.I.R.L.  
 Angel Hassan Hincapié Borda  
 MSc. IN.G. CIVIL. CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CALCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DFTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - PIEDRA CHANCADA**

	1	2	3
MASA SECA	995	945	979
MASA SSS	1011	956	992
MASA SSS SUMERGIDA	631	596	620
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	<b>2.63</b>		
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	<b>2.66</b>		
PESO ESPECIFICO APARENTE	<b>2.72</b>		
ABSORCION (%)	<b>1.37</b>		

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - ARENA**

	1	2	3
MASA SECA	246.7	246.9	246.8
MASA SSS	250	250	250
MASA FIOLA+AGUA	670.8	665.1	664.8
MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA	828	821.7	821.2
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	<b>2.65</b>		
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	<b>2.68</b>		
PESO ESPECIFICO APARENTE	<b>2.74</b>		
ABSORCION (%)	<b>1.90</b>		



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel Rodon Huancabamba Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECIKLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927**
**A. MEZCLA DE AGREGADOS**

- PIEDRA CHANCADA : 41 %  
 - ARENA : 59 %

**B. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO MARSHALL**

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.6	5.6	5.6	5.6
CAUCHO (%)	0.00	0.47	0.94	1.42
PESO ESPECIFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.241	2.148	2.070	2.023
ESTABILIDAD (kg)	974.1	1003.9	1092.0	836.0
FLUJO (mm)	3.3	3.8	4.1	4.3
ESTABILIDAD - FLUJO (kg/cm)	2950.0	2623.4	2675.9	1928.5
RELACION POLVO - ASFALTO	0.9	0.9	0.9	0.9
VACIOS DE AIRE (%)	4.4	7.9	10.9	12.5
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	19.8	22.6	25.0	26.2
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	77.7	65.3	56.2	52.4



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Concreto, E.I.R.L.

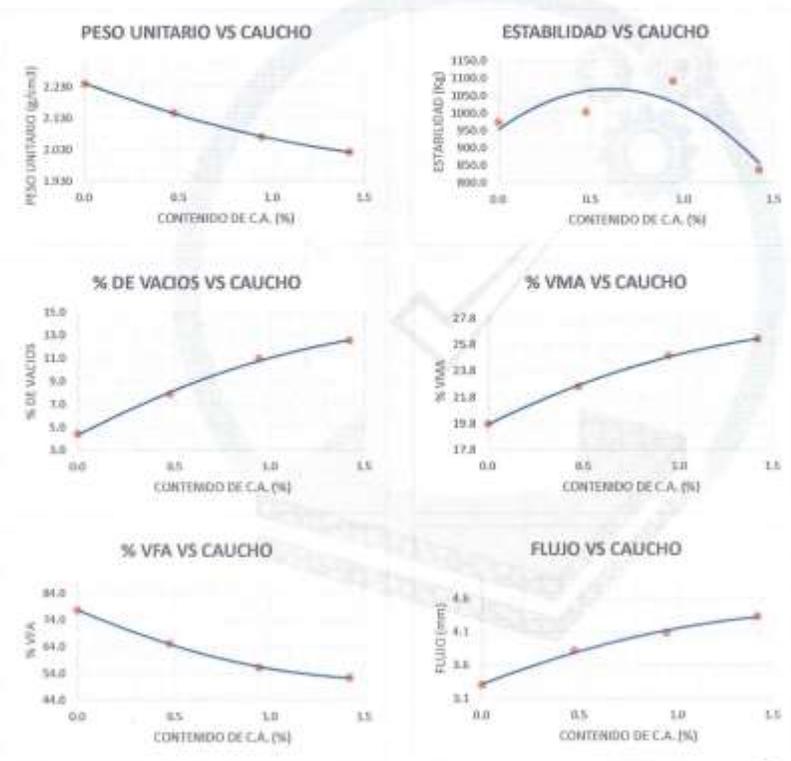
Angel Roman Quinca Borda  
 MSC. ING. CIVIL - CIP 53364

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MEZA CUISPE, ALEX ANTHONY  
**PROYECTO:** IMPLEMENTACION DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.  
**UBICACION:** D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - D.PTO. DE ICA  
**FECHA:** ENERO DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1	:	Piedra Chancada
Muestra 2	:	Arena
Cemento Asfáltico	:	PEN 60/70



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería: Concreto, E.I.R.L.  
 Ángel Rossi, Franca Borda  
 MSc. ING. CIVIL - CIP 53304



## ANEXO 8. Certificado de calibración del equipo



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 026-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-01-22

1. SOLICITANTE : ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

DIRECCIÓN : PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : KAMBOR

MODELO : NO PRESENTA

NÚMERO DE SERIE : 131125066

ALCANCE DE INDICACIÓN : 2000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-01-19

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4ª - ABRIL, 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L  
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Gilmer Antonio Huaman Poodloma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratoriogylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores MZ. E. Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30,7 °C	30,7 °C
Humedad Relativa	41 %	41 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 428 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 2000 g la balanza indicó 1997,85 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

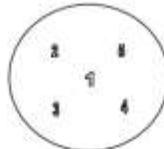
8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOS	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABAJO	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 1,000.00 g	Inicial		Final		
		Temp. (°C)	30,7	Temp. (°C)	30,7	
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)
1	1,000.00	4	1	1,999.93	4	-69
2	1,000.00	4	1	1,999.93	4	-69
3	1,000.01	5	10	1,999.93	5	-70
4	1,000.00	4	1	1,999.93	5	-70
5	1,000.01	5	10	1,999.93	3	-68
6	1,000.00	6	-1	1,999.93	5	-70
7	1,000.01	4	11	1,999.93	4	-69
8	1,000.00	3	2	1,999.93	3	-68
9	1,000.00	3	2	1,999.93	3	-68
10	1,000.00	4	1	1,999.93	4	-69
Error Máximo			12	2		
Error Máximo permitido ±			200 mg	± 200 mg		





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>2</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima <sup>(*)</sup> (g)	l(g)	Δ L (mg)	Eo(mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0.10	0.10	5	0	600.00	600.00	5	0	0
2		0.10	5	0		600.01	7	8	8
3		0.10	5	0		599.99	4	-9	-9
4		0.10	5	0		599.98	4	-19	-19
5		0.10	5	0		600.02	8	17	17
					Error máximo permitido ± 200 mg				

(\*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp <sup>(*)</sup> Δ(mg)
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.10	0.10	5	0	0	0.10	5	0	0	100
0.20	0.20	5	0	0	0.20	5	0	0	100
10.00	10.00	4	1	1	10.00	5	0	0	100
20.00	20.00	4	1	1	20.00	4	1	1	100
50.00	50.00	5	0	0	50.00	5	0	0	100
100.00	100.00	4	1	1	100.00	4	1	1	100
500.00	500.01	4	11	11	500.01	5	10	10	100
1,000.00	1,000.01	5	10	10	1,000.01	5	10	10	200
1,500.00	1,500.01	5	10	10	1,500.01	4	11	11	200
1,800.00	1,800.01	4	11	11	1,800.01	4	11	11	200
2,000.00	1,999.93	5	-70	-70	1,999.93	5	-70	-70	200

(\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,096E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{3,782E-08 g^2 + 084E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error en la lectura Eo: Error en cero Ec: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10<sup>-xx</sup> (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 023-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	: 2022-01-22
<b>1. SOLICITANTE</b>	: <b>ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L</b>
<b>DIRECCIÓN</b>	: PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>BALANZA</b>
<b>MARCA</b>	: OHAUS
<b>MODELO</b>	: SPS4001F
<b>NÚMERO DE SERIE</b>	: 71310600861
<b>ALCANCE DE INDICACIÓN</b>	: 4100 g
<b>DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN</b>	: 0.1 g
<b>DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)</b>	: 0.1 g
<b>PROCEDENCIA</b>	: CHINA
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: NO PRESENTA
<b>TIPO</b>	: ELECTRÓNICA
<b>UBICACIÓN</b>	: LABORATORIO
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	: 2022-01-19

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4ª - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L  
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA



Gilmez Antonio Humberto Paquoloma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: [laboratoriogylaboratorio@gmail.com](mailto:laboratoriogylaboratorio@gmail.com)  
[servicios@gylaboratorio.com](mailto:servicios@gylaboratorio.com)

Av. Miraflores Mz. E LL 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30.3 °C	30.3 °C
Humedad Relativa	40 %	40 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 428 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 4000 g la balanza indicó 3999.5 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrología Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 <sup>m</sup> l(g)	Temp. (°C)			Carga L2 <sup>m</sup> l(g)	Δ L (g)	E (g)
		Inicial	30.3	Final			
1	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.007	0.043	
2	2,000.0	0.007	0.043	4,000.0	0.006	0.044	
3	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.002	0.048	
4	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.007	0.043	
5	2,000.0	0.006	0.044	4,000.0	0.005	0.045	
6	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.003	0.047	
7	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.003	0.047	
8	2,000.0	0.006	0.044	4,000.0	0.006	0.044	
9	2,000.0	0.007	0.043	4,000.0	0.007	0.043	
10	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.008	0.042	
Error Máximo		0.003				0.006	
Error no permitido ±		0.2 g		±		0.3 g	





CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 023-2022 GLM

Página 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>2</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (g)	Eo(mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)
1	0.1	0.1	0.005	0.045	1,400.0	1,400.0	0.007	0.043	-0.002
2		0.1	0.007	0.043		1,400.0	0.004	0.046	0.003
3		0.1	0.003	0.047		1,400.0	0.005	0.045	-0.002
4		0.1	0.006	0.042		1,400.0	0.004	0.046	0.004
5		0.1	0.005	0.045		1,400.0	0.007	0.043	-0.002

(\*) valor entre 0 y 10 μ

Error máximo permitido: ± 200.0 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(%)
	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	
0.1	0.1	0.006	0.044	0.000	0.1	0.006	0.044	0.000	0.100
0.5	0.5	0.006	0.044	0.000	0.5	0.006	0.044	0.000	0.100
1.0	1.0	0.008	0.042	-0.002	1.0	0.005	0.045	0.001	0.100
10.0	10.0	0.006	0.044	0.000	10.0	0.007	0.043	-0.001	0.100
100.0	100.0	0.007	0.043	-0.001	100.0	0.006	0.044	0.000	0.100
500.0	500.0	0.006	0.044	0.000	500.0	0.004	0.046	0.002	0.100
800.0	800.0	0.007	0.043	-0.001	800.0	0.005	0.045	0.001	0.200
1,000.0	1,000.0	0.004	0.046	0.002	1,000.0	0.006	0.044	0.000	0.200
2,000.0	2,000.0	0.006	0.044	0.000	2,000.0	0.003	0.047	0.003	0.200
3,000.0	3,000.0	0.007	0.043	-0.001	3,000.0	0.005	0.045	0.001	0.300
4,000.0	4,000.0	0.008	0.042	-0.002	4,000.0	0.008	0.042	-0.002	0.300

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 028E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{017E-04 \text{ g}^2 + 002E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico: E-xx = 10<sup>xx</sup> (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)



Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorioy@laboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E LL 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 025-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-01-22

1. SOLICITANTE : ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

DIRECCIÓN : PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : YA501

NÚMERO DE SERIE : 151

ALCANCE DE INDICACIÓN : 500 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : U.S.A

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-01-19

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4ª - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L  
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA

  
Gilmer Antonio Huamán Rodriago  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono  
(01) 622 - 5814  
Celular  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratoriogylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E LL 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30.7 °C	30.7 °C
Humedad Relativa	41 %	41 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 428 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 500 g la balanza indicó 499.7 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.  
Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.  
Se colocó una etiqueta adhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1* 250.0 g			Carga L2* 500.0 g		
	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)
1	250.0	50	0	500.0	40	10
2	250.0	50	0	500.0	40	10
3	250.0	50	0	500.0	50	0
4	250.0	40	10	500.0	50	0
5	250.0	50	0	500.0	50	0
6	250.0	50	0	500.0	50	0
7	250.0	40	10	500.0	40	10
8	250.0	40	10	500.0	40	10
9	250.0	50	0	500.0	50	0
10	250.0	50	0	500.0	40	10
Exactitud Máxima			10			
Error máximo permitido ±			100 mg	± 100 mg		





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C) Inicial Final  
30.7 30.7

Posición de la Carga	Determinación de $E_p$				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima (g)	l (g)	$\Delta L$ (mg)	$E_c$ (mg)	Carga L (g)	l (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	$E_c$ (mg)
1	1.0	1.0	40	10	170.0	170.0	50	0	-10
2		1.0	60	-10		170.0	50	0	10
3		1.0	50	0		170.0	50	0	0
4		1.0	60	-10		170.0	50	0	10
5		1.0	50	0		170.0	60	-10	-10

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido:  $\pm 100$  mg

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C) Inicial Final  
30.7 30.7

Carga l(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				$\pm$ (mg)
	l(g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	$E_c$ (mg)	l(g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	$E_c$ (mg)	
1.0	1.0	50	0	0	2.0	50	0	0	100
2.0	2.0	60	-10	-10	5.0	40	10	10	100
5.0	5.0	60	-10	-10	10.0	50	0	0	100
10.0	10.0	50	0	0	20.0	40	10	10	100
20.0	20.0	60	-10	-10	50.0	50	0	0	100
50.0	50.0	50	0	0	100.0	50	0	0	100
100.0	100.0	50	0	0	200.0	40	10	10	100
200.0	200.0	60	-10	-10	300.0	50	0	0	100
300.0	300.0	50	0	0	400.0	50	0	0	100
400.0	400.0	50	0	0	500.0	60	-10	-10	100
500.0	500.0	60	-10	-10					

(\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,300E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{017E-04 \text{ g}^2 + 1,233E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza     $\Delta L$ : Carga incrementada    E: Error encontrado     $E_c$ : Error corregido

Número de tipo Científico    E-xx = 10<sup>xx</sup>    (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 022-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	: 2022-01-22	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura <math>k=2</math>. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual esté en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.</p> <p>G &amp; L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
1. SOLICITANTE	: ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L	
DIRECCIÓN	: PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA	
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: BALANZA	
MARCA	: OHAUS	
MODELO	: R21PE30ZH	
NÚMERO DE SERIE	: B846372653	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 30000 g	
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	: 1 g	
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)	: 10 g	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: NO PRESENTA	
TIPO	: ELECTRÓNICA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-01-19	

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3ª - ENERO, 2009.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L  
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA



Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratoriogylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E LL 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30.0 °C	17.1 °C
Humedad Relativa	39 %	41 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M1 / M2)	LM - C - 428 - 2021 CM - 1411 - 2021 CM - 1412 - 2021 CM - 1413 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g, la balanza indicó 30002 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
BITEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1= 15,000 g	Temp. (°C)		Carga L2= 30,000 g	ΔL(g)	E(g)
		Inicial	Final			
1	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
2	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
3	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0
5	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
6	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
7	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
8	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
9	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
10	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
Error Máximo		1.0				0.1
Error Máximo permitido ±		20 g		±		30 g





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>2</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	Δl(g)	E <sub>2</sub> (g)	Carga (g)	l(g)	Δl(g)	E <sub>2</sub> (g)	E <sub>2</sub> (g)
1	10	10	0.5	0.0	10,000	9,999	0.5	-1.0	-1.0
2		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1
3		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
4		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
5		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				amp(*)
	l(g)	Δl(g)	E <sub>2</sub> (g)	E <sub>2</sub> (g)	l(g)	Δl(g)	E <sub>2</sub> (g)	E <sub>2</sub> (g)	
10	10	0.5	0.0						10
20	20	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
100	100	0.5	0.0	0.0	100	0.5	0.0	0.0	10
500	500	0.6	-0.1	-0.1	500	0.5	0.0	0.0	10
1,000	1,000	0.5	0.0	0.0	1,000	0.6	-0.1	-0.1	10
5,000	5,000	0.6	-0.1	-0.1	5,000	0.5	0.0	0.0	10
10,000	10,004	0.5	4.0	4.0	10,004	0.5	4.0	4.0	20
15,000	15,006	0.5	6.0	6.0	15,006	0.5	6.0	6.0	20
20,000	20,004	0.6	3.9	3.9	20,004	0.5	4.0	4.0	20
25,000	25,005	0.6	4.9	4.9	25,005	0.6	4.9	4.9	30
30,000	30,007	0.7	6.8	6.8	30,007	0.7	6.8	6.8	30

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 002E-04 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{3,952E-04 g^2 + 1,308E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error aleatorio E<sub>2</sub>: Error en caso E<sub>2</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10<sup>xx</sup> (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)





### 8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(\*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C.

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

#### NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

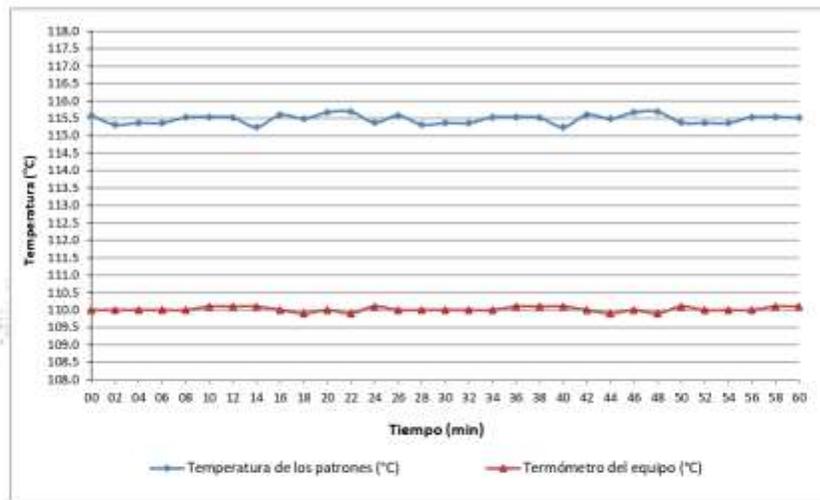
Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

### 9. FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR DEL EQUIPO

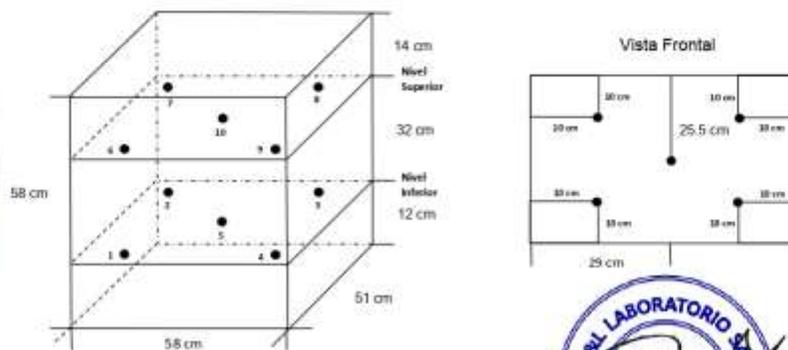




**DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO**  
**TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C**



**UBICACIÓN DE LOS SENSORES**



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2022-01-22

1. SOLICITANTE : ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

DIRECCIÓN : PRO. MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : A&A INSTRUMENTES

MODELO : ATHX-2A

NÚMERO DE SERIE : 15787

PROCEDENCIA : NO PRESENTA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LABORATORIO

### Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : Digital  
Alcance de Indicación : 1 °C a 250 °C  
División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2022-01-19

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	30.6	30.6
Humedad Relativa %HR	38	38

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas	CC - 6319 - 2021

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Teléfono : 011 622 - 5814  
Celular : 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo :  
laboratoriogy@laboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E LL 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.



7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	113.5	114.6	112.4	116.7	111.3	116.0	115.5	119.2	120.3	116.3	115.6	9
02	110.0	113.3	114.3	112.3	116.4	111.3	115.6	115.5	118.2	119.9	116.4	115.3	8.8
04	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
06	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9.0
08	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
10	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
12	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
14	110.1	113.3	114.1	112.3	116.2	111.1	115.6	115.4	118.5	120.3	115.7	115.3	9.2
16	110.0	113.4	114.0	112.4	116.8	111.3	115.9	115.8	119.3	120.7	116.4	115.6	9.4
18	109.9	113.3	114.1	112.6	116.6	111.3	115.8	115.6	119.0	120.3	116.3	115.5	9
20	110.0	113.5	114.4	112.5	116.9	111.4	115.7	115.7	119.3	120.9	116.4	115.7	9.5
22	109.9	113.8	114.8	112.7	116.9	111.4	115.9	115.5	119.5	120.4	116.2	115.7	9
24	110.1	113.2	114.1	112.4	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
26	110.0	113.5	114.6	112.4	116.7	111.3	116.0	115.5	119.2	120.3	116.3	115.6	9.0
28	110.0	113.3	114.3	112.3	116.4	111.3	115.6	115.5	118.2	119.9	116.4	115.3	8.8
30	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
32	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9
34	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
36	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
38	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
40	110.1	113.3	114.1	112.3	116.2	111.1	115.6	115.4	118.5	120.3	115.7	115.3	9.2
42	110.0	113.4	114.0	112.4	116.8	111.3	115.9	115.8	119.3	120.7	116.4	115.6	9.4
44	109.9	113.3	114.1	112.6	116.6	111.3	115.8	115.6	119.0	120.3	116.3	115.5	9
46	110.0	113.5	114.4	112.5	116.9	111.4	115.7	115.7	119.3	120.9	116.4	115.7	9.5
48	109.9	113.8	114.8	112.7	116.9	111.4	115.9	115.5	119.5	120.4	116.2	115.7	9
50	110.1	113.2	114.1	112.4	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
52	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
54	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9
56	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
58	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
60	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
T. PROM.	110.0	113.3	114.3	112.5	116.6	111.3	115.7	115.7	118.9	120.3	116.3	115.5	
T. MAX.	110.1	113.8	114.6	112.7	116.9	111.4	116.0	115.9	119.5	120.9	116.4		
T. MIN.	109.9	113.2	114.0	112.3	116.2	111.1	115.5	115.4	118.0	119.9	115.7		
DTT	0.2	0.6	0.8	0.4	0.7	0.3	0.5	0.5	1.5	1.0	0.7		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	120.9	0.3
Mínima Temperatura Medida	111.1	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.5	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	9.1	0.3
Estabilidad Medida (±)	0.75	0.04
Uniformidad Medida	9.5	0.3

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.  
T. MAX: Temperatura máxima.  
T. MIN: Temperatura mínima.  
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 019-2022 GLF

Pág. 3 de 3

#### CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud a(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución e(%) en el 20%
1,87	0,86	No Aplica	No Aplica	0,00	0,002

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 2 Desde el 20%**

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

#### PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B504530209 / AGB8505, con incertidumbre del orden de 0,062 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 1752 – 2021.

#### OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6.4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 019-2022 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

Téc. Gilmer A. Huarán Poquioma  
Responsable de Metrología



Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 982 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E LL 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.



LABORATORIO DE  
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA**  
Calibration Certificate – Laboratory of Force

**OBJETO DE PRUEBA:**

Instrument

**Rangos**

Measurement range

**FABRICANTE**

Manufacturer

**Modelo**

Model

**Serie**

Identification number

**Ubicación de la máquina**

Location of the machine

**Norma de referencia**

Norm of used reference

**Intervalo calibrado**

Calibrated interval

**Solicitante**

Customer

**Dirección**

Address

**Ciudad**

City

**PATRON(ES) UTILIZADO(S)**

Measurement standard

**Tipo / Modelo**

Type / Model

**Rangos**

Measurement range

**Fabricante**

Manufacturer

**No. serie**

Identification number

**Certificado de calibración**

Calibration certification

**Incertidumbre de medida**

Uncertainty of measurement

**Método de calibración**

Method of calibration

**Unidades de medida**

Units of measurement

**FECHA DE CALIBRACIÓN**

Date of calibration

**FECHA DE EXPEDICIÓN**

Date of issue

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS**

Number of pages of certificate and documents attached

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Authorized signatories

Téc. Grimer A. Huapari Poquiroma

Responsable Laboratorio de Metrología

**MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN**

5 000 kgf

**A&A INSTRUMENTS**

**STM – 1**

**130811**

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN  
PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

NTC – ISO 7500 – 1 ( 2007 – 07 – 25 )

Del 10% al 100% del Rango

**ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y  
CONCRETO E.I.R.L**

PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA

ICA

T71P / DEF – A

5000 kgf

OHAUS / KELI

B504530209 / AGB8505

N° CC – 1752 – 2021

0.062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades ( SI )

2022 – 01 – 19

2022 – 01 – 22

Pág. 1 de 3

3

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS**

Number of pages of certificate and documents attached

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Authorized signatories

Téc. Grimer A. Huapari Poquiroma

Responsable Laboratorio de Metrología

Téc. Grimer A. Huapari Poquiroma

Responsable Laboratorio de Metrología



Teléfono  
(01) 622 – 5814  
Celular  
982 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo:  
laboratoriogy@laboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E LL 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de **C&L LABORATORIO S.A.C.**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

NÚMERO **019-2022 GLF**  
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE  
Tipo de Instrumento: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS  
MARSHALL Y CBR

**DATOS DE LA CALIBRACIÓN**

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.02 kgf

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kgf	kgf	kgf	No Aplica	kgf	No Aplica
10	500.0	505.6	500.8		507.2	
20	1000.0	1007.8	1000.4		1009.0	
30	1500.0	1507.2	1498.6		1506.0	
40	2000.0	2002.0	1993.2		1999.8	
50	2500.0	2493.8	2484.2	No Aplica	2490.2	No Aplica
60	3000.0	2982.4	2971.8		2977.4	
70	3500.0	3467.4	3455.0		3459.6	
80	4000.0	3947.6	3936.2		3940.8	
90	4500.0	4424.6	4411.0		4416.8	
100	5000.0	4986.5	4976.8		4982.4	
Indicación después de Carga:		0.0	0.0		0.0	No Aplica

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN**

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
%	kgf						
10	500.0	-0.90	1.27			0.004	0.769
20	1000.0	-0.57	0.86			0.002	0.544
30	1500.0	-0.26	0.57			0.001	0.371
40	2000.0	0.08	0.44			0.001	0.282
50	2500.0	0.43	0.39	No Aplica	No Aplica	0.001	0.245
60	3000.0	0.77	0.36			0.001	0.228
70	3500.0	1.14	0.36			0.001	0.231
80	4000.0	1.48	0.29			0.001	0.194
90	4500.0	1.87	0.31			0.000	0.203
100	5000.0	0.36	0.19			0.000	0.149
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 30.5 °C  
Temperatura Máxima: 30.6 °C

Humedad Mínima: 40.0 %Hr  
Humedad Máxima: 40.0 %Hr



## ANEXO 9. Boleta de ensayos de laboratorio



PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905  
ICA - ICA  
R.U.C.: 20608095978

**Proveedor**

MEZA QUISPE, ALEX ANTHONY

**Tesis**

IMPLEMENTACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ICA, 2021.

**Dirección de destino**

PROLONGACIÓN AV. JOSÉ MATÍAS MANZANILLA Nº 905, ICA - ICA - ICA.

### ORDEN DE SERVICIO

<b>Número Pedido</b>	<b>Fecha</b>
00099-22	20.01.2022
<b>Condiciones de Pago</b>	50% DE ADELANTO
<b>Moneda</b>	PEN
<b>Fecha Entrega</b>	22.02.2022
<b>Encargado Compras</b>	
NOEMI BAUTISTA HUAMÁN	
(+51)946971128 - epicret.peru@gmail.com	

Pos	Descripción					Valor Total
-	ENSAYOS EN AGREGADOS Y MEZCLA ASFÁLTICA					4432.00
SubPos	Descripción	Cant	UM	Precio/ Unit	Importe/ Unit	Importe/ Desc20%
01	Elaboración de briquetas Marshall	24	SRV	80.00	1920.00	1536.00
02	Estabilidad y flujo Marshall	24	SRV	80.00	1920.00	1536.00
03	Peso unitario de mezcla asfáltica compactada	24	SRV	60.00	1440.00	1152.00
04	Análisis granulométrico de agregado grueso	1	SRV	60.00	60.00	48.00
05	Análisis granulométrico de agregado fino	1	SRV	60.00	60.00	48.00
06	Gravedad específica y absorción de agregado grueso	1	SRV	70.00	70.00	56.00
07	Gravedad específica y absorción de agregado fino	1	SRV	70.00	70.00	56.00

ESPECIALISTAS EN PROYECTOS  
DE INGENIERÍA Y CONCRETO E.I.R.L.  
*Angel L. Irujo Santiago*  
Angel L. Irujo Santiago  
GERENTE GENERAL